



ESCOLA NAVAL

la sainte obéissance



Projeto VENT-Sup EN

Projeto de um Veículo Não-Tripulado de Superfície (VENT-Sup) Modular Multimissão

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na especialidade de
Engenharia Naval – Ramo de Mecânica

Rui Nuno Pereira Pinto da Costa



Alfeite

2019



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Projeto VENT-Sup EN

Projeto de um Veículo Não-Tripulado de Superfície (VENT-Sup) Modular Multimissão

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na especialidade de
Engenharia Naval – Ramo de Mecânica**

Autor: ASPOF EN-MEC Rui Nuno Pereira Pinto da Costa

Orientação de: CFR ACN EN-MEC Paulo Alexandre Marques Pires da Silva

Coorientação de: Prof. Miguel Ângelo Pereira Bento Moreira

O Aluno Mestrando

O Orientador

Rui Nuno Pereira Pinto da Costa
ASPOF EN-MEC

Paulo Alexandre Marques Pires da Silva
CFR ACN EN-MEC

Alfeite

2019

“There are some games you don’t get to play unless you are all in.”

-Prof. Dr. Jordan B. Peterson

Para a minha irmã, Odete.

Agradecimentos

Agradeço profundamente a todas as pessoas que tornaram esta dissertação possível. Sem elas o trabalho que desenvolvi nunca teria sido possível. Ao meu orientador, CFR EN-MEC Pires da Silva, e co-orientador, Sr. Prof. Miguel Bento Moreira, por toda a paciência, dedicação e mentoria com as quais me abençoaram e mantiveram a minha inata impulsividade de ideais controlada e direcionada. Com eles aprendi lições que trarei comigo para o resto da minha carreira profissional e pessoal. E finalmente a todas as secções do Arsenal do Alfeite que me acolheram de braços abertos e com quem foi um prazer trabalhar.

Aos meus pais por me darem tudo o que sempre precisei e mais, mesmo com prejuízo da suas próprias vidas e bem estar pessoal. Por todas as noites de preocupação passadas a claro e por todas as chamadas de fim de semana. Por servirem de um exemplo vivo do tipo de pessoas que eu quero ser e serem os meus eternos ídolos, obrigado.

A todos os meus amigos e amigas por me terem mostrado um aspeto da vida que eu jamais julgava existir e por me fazerem ansioso por ver o que esta me reserva. André, João, Arsalanne, Abou, Youssef, L.G., Erik.

Aos meus camaradas da Escola Naval por todos os bons tempos passados bem como os maus. Por estarem sempre ao meu lado ao longo destes seis anos e por intencionalmente, ou não, me terem ensinado a crescer e a tornar-me uma pessoa melhor pelo exemplo.

E, finalmente, à Escola Naval e à Marinha Portuguesa por me terem dado a oportunidade de desenvolver este trabalho.

Por tudo, obrigado



Resumo

Projeto de um Veículo Não-tripulado de Superfície (VENT-Sup) Modular Multimissão

O VENT-Sup EN representa o primeiro Veículo de Superfície Não-Tripulado Modular Multimissão projetado para a Escola Naval dentro de um contexto de “*Project Based Learning*” (PBL), em colaboração com o Centro de Investigação Naval (CINAV) e a Arsenal do Alfeite, S.A.

Este veículo vem em reflexo do recente interesse expressado na última década no desenvolvimento de sistemas não-tripulados e autónomos por várias organizações civis e militares. Em seguimento de tal, o desenvolvimento de *know-how*, processos e conhecimento nesta área é de grande interesse para a Escola Naval.

Com um casco em forma catamaran e uma versátil plataforma central modular, este veículo não tripulado de 3.6 metros tem por objetivo ser aplicado em diversos tipos de missão em apoio ao ensino e desenvolvimento científico na Escola Naval. A sua estrutura modular permite com que *payloads* inteiros de equipamentos até 120kg sejam equipados no VENT-Sup EN e trocados entre si por forma a permitir com que o VENT-Sup desempenhe diferentes missões consoante o *payload* equipado.

A presente dissertação descreve todo o processo de projeto do veículo, adaptado da publicação “*NATO AAP-20: NATO Programme Management Framework*”. Todas as fases percorridas são detalhadamente descritas, em conjunto com os processos e normas utilizadas para cada uma. Os diversos problemas enfrentados ao longo do projeto são igualmente descritos bem como a forma como foram superados recorrendo a diversos *softwares* e métodos.

O VENT-Sup EN encontra-se em processo de construção na Arsenal do Alfeite, S.A., sendo espectável a sua entrada ao serviço na Escola Naval em 2020.

Palavras-Chave: Engenharia Naval; Construção Naval; Novas Tecnologias; VENT-Sup EN; Veículos Não Tripulados; Arquitetura Naval; Projeto Naval; Marinha;

Abstract

Design and Construction of the Portuguese Naval Academy Modular Multimission Unmanned Surface Vehicle (PoNA MM-USV)

The PoNA USV represents the first Unmanned Modular Multimission Surface Vehicle designed in the context of Project Based Learning (PBL) for the Portuguese Naval Academy, in collaboration with CINAV (the Portuguese Navy Research Center) and Arsenal do Alfeite, S.A.

This vessel reflects the current decade's newfound interest and investment in the development of unmanned platforms for military applications by NATO's Armed Forces. In light of this, the development of *know-how*, processes and knowledge in this specific area is of great interest to the Portuguese Naval Academy.

Featuring a catamaran hull shape and a versatile modular central platform, this 3.6-meter-long vessel is designed to be employed in a wide array of missions and scenarios in support of the Portuguese Naval Academy's scientific and technological research. It's innovative modular structure allows custom payloads up to 120kg to be easily exchanged in the field, allowing the USV to be employed in different tasks accordingly.

The following report describes the entirety of the design development process for the USV, adapted from "NATO AAP-20: NATO Programme Management Framework". All the development stages are described, alongside all the methods and norms used in each phase.

All the design and manufacture challenges faced through this process are also detailed as well as how these were tackled throughout development using various *software* and methods.

The PoNA USV is currently under construction in Arsenal do Alfeite, S.A. and is due to enter service in the Portuguese Naval Academy in 2020.

Keywords: Design and Engineering; Production and Fabrication; Industry Trends and New Technologies; PoNA MM-USV; VENT-Sup EN; USV; Unmanned Vehicles; Naval Architecture; Ship Design; Navy;

Índice Geral

Epígrafe.....	I
Dedicatória.....	III
Agradecimentos	V
Resumo	VII
Abstract.....	IX
Índice Geral	XI
Índice de Imagens.....	XIII
Índice de Gráficos	XVII
Índice de Tabelas.....	XIX
Lista de Acrónimos e Abreviaturas	XXI
Notação Técnica e Científica	XXIII
Prefácio.....	XXV
Introdução.....	1
1. Pertinência e âmbito do projeto.....	5
2. Estado da Arte	7
3. O Modelo para o processo do projeto naval	13
4. Conceito de Emprego Operacional e Requisitos Operacionais.....	19
4.1 Conceito de Emprego Operacional	19
4.1.1 Levantamento Hidrográfico	20
4.1.2 Reconhecimento Portuário e Costeiro.....	21
4.1.3 Plataforma de ensaios para I&D e recolha de dados ambientais.....	22
4.2 Requisitos Operacionais e Técnicos.....	22
5. Estudos Iniciais.....	25
5.1. Definição de perfis de missão	25
5.2. Tipo de casco.....	26
6. Projeto Básico	29
6.1. Dimensionamento inicial.....	29
6.2. Estimativa de potência (Holtrop&Mennen)	31
6.3. Modelação geométrica (iterações iniciais).....	41
6.3.1. Previsão de Potência (Comparação entre métodos utilizados)	45

7. Projeto Detalhado.....	47
7.1. Escolha do Sistema de Propulsão.....	47
7.2. Escolha de material	48
7.3. Estabilidade Direcional	49
7.4. Distribuição de Pesos e Análise de Estabilidade.....	51
7.5. Resistência estrutural dos cascos (<i>Águas Calmas</i>).....	53
7.6. Resistência estrutural dos cascos (<i>Non-Stillwater</i>)	58
7.7. Projeto detalhado da plataforma em alumínio e mastro.....	62
7.8. Modelo Final do VENT-Sup EN.....	64
7.9. Projeto estrutural interno	71
7.10. Estabilidade em Avaria	73
8. Construção do VENT-Sup EN	77
8.1. Caderno de especificações técnicas.....	77
8.2. Construção em fibra de vidro	78
9. Conclusão	81
10. Referências bibliográficas.....	85
11. Apêndices	91

Índice de Imagens

Figura 1: Sea Hunter Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel (DARPA, 2018).....	1
Figura 2: <i>Otter</i> da Maritime Robotics (Maritime Robotics, 2019)	2
Figura 3: Interceptor USV (GMarine, 2019).....	9
Figura 4: <i>Katana</i> USV (IAI, 2019)	9
Figura 5: Sea Hunter USV (DARPA, 2018)	10
Figura 6: Otter USV (Maritime Robotics, 2019)	11
Figura 7: Innomar Survey Catamaran (Innomar, 2017).....	12
Figura 8: Espiral de projeto de Evans (Evans, 1959).....	13
Figura 9: Processo do projeto Naval, <i>NATO AAP-20: NATO Programme Management Framework</i> (NATO, 2010).....	14
Figura 10: Fases do programa de aquisição de um navio militar. Adaptado de lição inaugural do ano letivo 2016/17 da Escola Naval (Silva, 2016)	15
Figura 11: Fluxograma do processo de projeto para o VENT-Sup EN	17
Figura 12: Moto de água e semirrígida da Brigada Hidrográfica em missões de levantamento Hidrográfico (Instituto Hidrográfico, 2018)	20
Figura 13: <i>SwellPro Spry</i> (SwellPro, 2019) e forças de desembarque (Fuzileiros Portugueses e Britânicos) (BI, 2017).....	21
Figura 14: Área espetável de operação do VENT-Sup EN – regiões costeiras e ilhas a vermelho e rios portugueses (DGRM, 2019)	22
Figura 15: Folha de cálculo inicial com os requisitos operacionais e técnicos para a plataforma (P. Costa, P. Silva, B. Moreira, 2019) (Lopes, 2018)	23
Figura 16: Folha de cálculo do dimensionamento inicial (P. Costa, P. Lopes, 2018).....	30
Figura 17: Folha de cálculo programada com o método de Holtrop & Mennen (P. Costa, 2018).....	37
Figura 18: Primeiro modelo geométrico do casco do VENT-Sup EN.....	42
Figura 19: Segundo modelo geométrico do casco do VENT-Sup EN.....	44
Figura 20: Perspetiva do segundo modelo geométrico do casco do VENT-Sup EN.....	44
Figura 21: Torqeedo Cruise 2.0R e bateria de 12V UPG 85980/D5722 (Torqeedo, 2019) (UPG - Amazon, 2019)	47
Figura 22: Paine de Popa do VENT-Sup EN.....	48

Figura 23: Lanchas classe “ <i>Vigilante</i> ” em construção na Arsenal do Alfeite, S.A. (www.arsenal-alfeite.pt)	49
Figura 24: Modelo final dos <i>skegs</i> do VENT-Sup EN.....	50
Figura 25: Distribuição de pesos no VENT-Sup EN e calado resultante	51
Figura 26: Face exterior da secção mestra e 7 primeiras coordenadas desta	55
Figura 27: Cálculo de ângulos de direção e das coordenadas dos dois primeiros retângulos	55
Figura 28: Coordenadas dos pontos interiores e exteriores da secção mestra gerados para espessuras de 1cm, 2cm, e 3cm respetivamente	56
Figura 29: Previsão da secção do casco para uma espessura de 1cm	56
Figura 30: Cálculo dos momentos de inércia para cada retângulo gerado.....	56
Figura 31: Cálculo de tensões permissíveis para a fibra de vidro e das tensões máximas na secção mestra do VENT-Sup	57
Figura 32: Previsão da secção do casco para a fibra de vidro e com uma bateria de 24V no seu interior	58
Figura 33: Condições críticas de ondulação para um casco do tipo catamaran (Adaptado de: (Strand7, 2019)).....	59
Figura 34: Um dos cascos importado para o <i>SolidWorks</i>	60
Figura 35: Exemplo para casos de tosamento e aquebramento	60
Figura 36: Distribuição de tensões e deformação ao longo do casco para a condição de <i>pitch connecting moment</i>	61
Figura 37: Análise em elementos finitos para condições de <i>pitch connecting moment</i> para um catamaran da classe K50 (Strand7, 2019)	61
Figura 38: Plataforma de alumínio e zonas de acumulação de tensões para um carregamento central de 150 kg	62
Figura 39: Vista de secção longitudinal da plataforma central e mastro apoiado nesta	63
Figura 40: Plataforma central com mastro e mastro do VENT-Sup EN.....	63
Figura 41: Modelo mais recente do VENT-Sup EN (<i>DELFTShip</i>)	64
Figura 42: Módulo central e distribuição interna de um <i>payload</i> de reconhecimento portuário (computador de bordo, <i>charging pad Skysense</i> e drone <i>SwellPro Spry</i>) (www.swellpro.com)	65

Figura 43: Cascos com coberturas laterais e modelo interno estrutural das anteparas das coberturas e cascos	65
Figura 44: O X3K, o primeiro de quatro atualmente em produção pela North Sea Boats para a Marinha da Indonésia e o USS Zumwalt da Marinha dos Estados Unidos da América (www.northseaboats.com) (www.navy.mil)	66
Figura 45: HSwMS Härnösandda da Marinha Sueca e o USS Montgomery da Marinha dos Estados Unidos da América (www.forsvarsmarkten.se) (www.navy.mil)	66
Figura 46: Outremer 45 da Outremer (www.catamaran-outremer.com) e o CAT 12.0 da empresa Portuguesa SunConcept (www.sunconcept.pt)	67
Figura 47: Ady Gil e o Vahine Piti desenhados pela LOMOcean (www.lomocean.com)	67
Figura 48: USS West Mahomet e HMS Argus em camuflagem <i>Dazzle</i> (1918) (Behrens, 2001)	67
Figura 49: USV Katana da Marinha de Israel e o Bonefish da PT Lundin (www.idf.mil) (www.northseaboats.com)	68
Figura 50: HSwMS Visby e o MY Bob Barker em versões modernas da camuflagem <i>Dazzle</i> (www.forsvarsmarkten.se) (www.seashepherd.com)	68
Figura 51: Continuidade de superfícies e linhas conjugadas com formas orgânicas (<i>Adastra</i> pelo Arquiteto Naval John Shuttleworth e VENT-Sup EN) (www.shuttleworthdesign.com)	69
Figura 52: Linhas e formas dramáticas com separação entre superfícies “vincada”(USS Zumwalt e VENT-Sup EN) (www.navy.mil)	69
Figura 53: Formas orgânicas nas conexões entre cascos (Ady Ghil e VENT-Sup EN) (www.seashepherd.com)	69
Figura 54: Continuidade de formas entre ambos os cascos e as superestruturas do navio (<i>Adastra</i> e VENT-Sup EN) (www.shuttleworthdesign.com)	70
Figura 55: Alguns exemplos das opções de cores do VENT-Sup EN	70
Figura 56: Modelo Final do VENT-Sup EN	71
Figura 57: Antepara de colisão do VENT-Sup EN	72
Figura 58: Restantes anteparas do VENT-Sup EN e a sua extensão ao longo das coberturas laterais	73
Figura 59: Compartimentos internos do VENT-Sup EN e um dos compartimentos centrais com as suas propriedades de massa	73

Figura 60: Resultado do alagamento das secções 1BB e 1EB (Colisão frontal do VENT-Sup).....	74
Figura 61: Resultado do alagamento das secções 4EB e 4BB (Colisão a ré do VENT-Sup).....	74
Figura 62: Resultado do alagamento de todas as secções de um dos cascos (Abalroamento lateral grave do VENT-Sup com comprometimento total de um dos cascos)	74
Figura 63: Resultado do alagamento das secções 3BB e 2BB (Abalroamento lateral do VENT-Sup).....	75
Figura 64: Resultado do alagamento completo de ambos os cascos do VENT-Sup (situação de dano crítico improvável)	75
Figura 65: Capa e primeira página do índice do caderno de especificações técnicas do VENT-Sup EN.....	77
Figura 66: Exemplo de um dos moldes dos cascos e de um dos moldes das coberturas laterais.....	79
Figura 67: Dois moldes do casco juntos (vista transparente).....	79

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Gráfico Velocidade – Resistência para o VENT-Sup EN	38
Gráfico 2: Gráfico de Velocidade – Potência para o VENT-Sup EN	39
Gráfico 3: Gráfico Velocidade – Potência para um navio YP da Marinha Norte Americana (USNA, 2009)	39
Gráfico 4: Variação da potência efetiva requerida, para um dado <i>Payload</i> , com o coeficiente prismático	40

Índice de Tabelas

Tabela 1: Equipamentos necessários para a missão de levantamento hidrográfico, peso e volume de cada um destes e peso total somado ao módulo base da plataforma	25
Tabela 2: Perfil base da plataforma definido inicialmente.....	26
Tabela 3: Comparação entre diferentes tipos de cascos - Adaptado de: (Lopes, 2018)	27
Tabela 4: Resultados do dimensionamento inicial do VENT-Sup EN	30
Tabela 5: Valores de referência para CStern (Holtrop, 1988)	33
Tabela 6: Valores de referência para $1 + k_2$	34
Tabela 7: Resultados da estimativa de potência inicial.....	41
Tabela 8: Lista de pesos e respetiva distribuição no VENT-Sup EN	52
Tabela 9: Comparação dos resultados do VENT-Sup EN com critérios da MCA para multi-cascos	53
Tabela 10: Resumo e resultados mais relevantes da análise anterior.....	54
Tabela 11: Fórmulas para cálculo da distância à perpendicular a vante máxima e mínima da antepara de colisão (DNV, 2016)	72
Tabela 12: Regras da DNV relevantes para estas anteparas (DNV, 2016).....	72

Lista de Acrónicos e Abreviaturas

CINAV	<i>Centro de Investigação Naval</i>
OTAN	<i>Organização do Tratado do Atlântico Norte</i>
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>
SWATH	<i>Small Waterplane Area Twin Hull</i>
USS	<i>United States Ship</i>
USV	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
VENT-Sup	<i>Veículo Não Tripulado de Superfície</i>
VENT-Sup EN	<i>Veículo Não Tripulado de Superfície para a Escola Naval</i>
CAE	<i>Computer Assisted Engineering</i>
CAD	<i>Computer Assisted Design</i>
CFD	<i>Computer Fluid Dynamics</i>
PBL	<i>Project Based Learning</i>
SMC	<i>SNAME Maritime Convention</i>
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
MCA	<i>Maritime and Coastguard Agency</i>

Notação Técnica e Científica

∇	<i>Volume de deslocamento</i>
$1+k_1$	<i>Fator de Forma do Casco sem Apêndices</i>
$1+k_2$	<i>Fator de resistência de apêndices</i>
A_{BT}	<i>Área seccional transversal de bolbo</i>
A_T	<i>Área imersa da secção transversal da popa à velocidade zero</i>
B	<i>Boca</i>
C_B	<i>Coeficiente de Finura Total</i>
C_F	<i>Coeficiente de resistência por fricção do navio</i>
C_M	<i>Coeficiente de secção mestra</i>
C_p	<i>Coeficiente Prismático</i>
C_{Stern}	<i>Coeficiente de forma de popa</i>
C_{wp}	<i>Coeficiente de área de flutuação</i>
F_n	<i>Número de Froude</i>
g	<i>Aceleração da gravidade</i>
GZ	<i>Braço endireitante</i>
i_E	<i>Ângulo de entrada</i>
L	<i>Comprimento</i>
LCB	<i>Posição longitudinal do centro de impulsão</i>
LCG	<i>Posição longitudinal do centro de gravidade</i>
P_E	<i>Potência efetiva</i>
R_A	<i>Fator de Correlação</i>
R_{APP}	<i>Resistência dos Apêndices</i>
R_B	<i>Resistência de Onda da Proa com Bolbo</i>
R_F	<i>Resistência de Fricção</i>
R_T	<i>Resistência Total</i>
R_{TR}	<i>Resistência Adicional da Popa Imersa</i>
R_W	<i>Resistência de onda do Casco sem Apêndices</i>
S	<i>Área molhada do casco</i>
S_{APP}	<i>Área molhada de apêndices</i>
T	<i>Calado</i>

V	<i>Velocidade do navio</i>
x_c	<i>Distância da PPAV ao início da antepara de colisão</i>
x_n	<i>Eixo neutro (x)</i>
y_n	<i>Eixo neutro (y)</i>
Δ	<i>Deslocamento</i>
ρ	<i>Densidade da água do mar</i>

Prefácio

No capítulo 1 é feita uma breve introdução, discutindo algumas noções relativas ao aumento recente no investimento em sistemas autónomos e veículos não tripulados e da sua aplicação quer no contexto de desenvolvimento científico quer no contexto militar. Estas noções são posteriormente expandidas no capítulo 2 com a explicação da pertinência e âmbito do projeto VENT-Sup EN.

Seguidamente, no capítulo 3, é definido o processo de projeto naval utilizado nesta dissertação de mestrado. Este é adaptado da publicação “*NATO AAP-20: NATO Programme Management Framework*” para aplicação no projeto VENT-Sup EN.

O capítulo 4 inicia finalmente o projeto conceptual com a definição do conceito de emprego operacional do veículo e os requisitos operacionais que advêm deste. Esta etapa culmina com a elaboração de uma folha de cálculo com todos os requisitos operacionais e técnicos que servirão de referência ao longo do projeto.

No capítulo 5 são efetuados estudos iniciais em que são definidos os perfis de missão para o VENT-Sup EN e os consequentes pesos de *payload* que este terá de suportar bem como o tipo de casco do veículo consoante uma avaliação multicritério de vários tipos de cascos observados em veículos de superfície que desempenham funções semelhantes às que o VENT-Sup EN irá desempenhar.

No capítulo 6 é iniciado o projeto básico do meio naval. Neste são definidas as dimensões iniciais, tendo por base valores médios de parâmetros de forma de outros veículos catamaran. Seguidamente, é feita uma estimativa de potência recorrendo ao método de *Holtrop & Mennen*. É também criada uma folha de cálculo para este método que é posteriormente utilizada para otimizar parametricamente alguns coeficientes de forma estimados anteriormente no dimensionamento inicial. Finalmente, é feita a modelação geométrica inicial do VENT-Sup EN, recorrendo ao *software DELFTShip®*. A estimativa de potência é repetida utilizando desta vez os métodos *Delft Series '98* e de *John Winters (KAPER)* integrados no software. Os três métodos utilizados são posteriormente comparados, sendo escolhido o ideal para o veículo a projetar.

O capítulo 7 inicia o projeto detalhado da plataforma. Neste é definido o sistema de propulsão do VENT-Sup, consoante as estimativas de potência realizadas anteriormente. Seguidamente, é feita a escolha de material do veículo, procedida da distribuição de pesos e

análise de estabilidade deste em *DELFTShip*® (consoante critérios da *Maritime and Coastguard Agency* para veículos multi-casco). Após a distribuição de pesos no veículo estar definida, são feitos estudos da resistência estrutural dos cascos em várias condições de ondulação. Para tal foi desenvolvida uma folha de cálculo para prever a espessura do casco e também foram efetuadas análises em elementos finitos do casco utilizando o *software SolidWorks*®. Nesta fase foi também definido o modelo final do VENT-Sup EN. Utilizando critérios da *Det Norske Veritas* foi seguidamente feito o projeto estrutural interno do VENT-Sup EN bem como uma breve análise de estabilidade em avaria deste.

Finalmente, no capítulo 8, é descrito o projeto de construção do VENT-Sup EN. Neste encontra-se descrito como foi efetuado o projeto dos moldes para a componente de fibra de vidro bem como o projeto detalhado da plataforma em alumínio em conjunto com os respetivos processos de construção.

Finalizando a dissertação, são feitas conclusões gerais do trabalho bem como algumas possíveis direções futuras para este.

Introdução

“Military around the globe are racing to deploy robots at sea, on the ground, and in the air – more than ninety countries have drones patrolling the skies. These robots are increasingly autonomous and many are armed.”

- *“Army of None: Autonomous Weapons and the Future”*, (Scharr, 2018)

O constante progresso tecnológico do mundo moderno tem uma influência profunda nos meios militares (Babin, 1990). Cada vez mais o mundo civil e a comunidade científica estão intimamente associados às forças armadas, contribuindo mutuamente para o desenvolvimento científico de tecnologias de uso dual para o mundo civil e militar (Jiang, 2015).

Na preparação para conflitos modernos e futuros, as superpotências estão a investir significativamente no desenvolvimento de tecnologias e veículos autônomos por forma a assistir operadores humanos no nível operacional e tático (DARPA, 2018). Recentes desenvolvimentos na área da robótica, inteligência artificial e sensores permitiram grandes avanços neste sentido. A guerra futura está a evoluir no sentido de ser travada não por agentes humanos num campo de batalha naval, aéreo ou terrestre, mas sim por sistemas autônomos ou operados a uma longa distância (Scharr, 2018).

Em fevereiro de 2018, a marinha dos Estados Unidos recebeu um veículo de superfície autônomo capaz de navegar longas distâncias e conduzir operações em alto mar sem intervenientes humanos a bordo (DARPA, 2018).

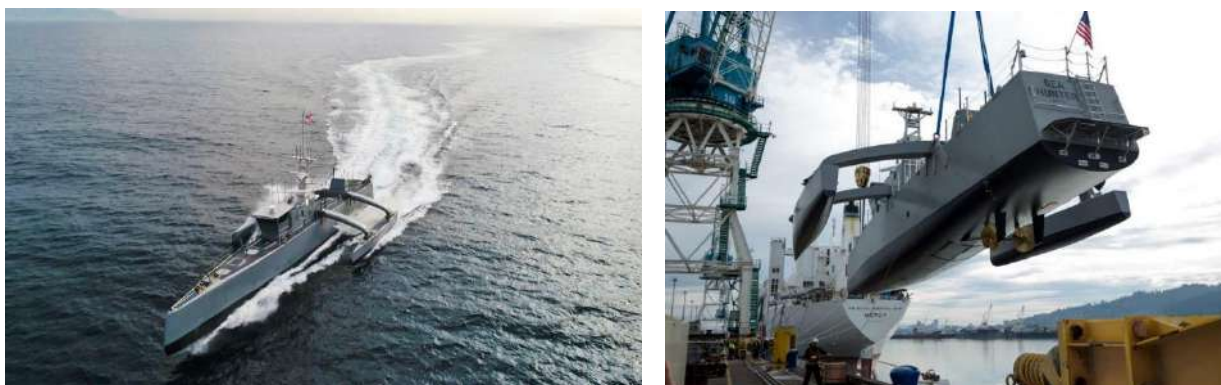


Figura 1: Sea Hunter Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel (DARPA, 2018)

Este “*Unmanned Surface Vehicle*” (USV), denominado de *ACTUV* (“*Sea Hunter Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel*”) foi requisitado ao Pentágono em 2012 como parte de um forte investimento pela Marinha Americana em sistemas autônomos. Tem por objetivo principal o combate a forças inimigas submarinas, bem como explorar a possibilidade de operar navios não tripulados a longas distâncias de forma segura durante várias centenas de milhas náuticas.

Desde 2016 o ACTUV não é apenas um navio de combate anti-submarino, a DARPA (*Defense Advance Research Project Agency*) atualmente refere-se ao veículo como um veículo de *payload*. Explorando assim as capacidades multimissão do próprio veículo, como levantamentos hidrográficos, guerra de superfície, rádio espionagem e emboscadas a forças navais inimigas. Tudo isto sem expor um único operador humano.

Simultaneamente, existem várias empresas civis e instituições de ensino e científicas que agora se socorrem destas tecnologias (Hisyam, 2016). Desde levantamentos de dados ambientais e meteorológicos até levantamentos hidrográficos, estes veículos já estão a ser aplicados em várias missões, abrangendo um amplo espectro do conhecimento científico. O *Otter*, desenvolvido pela *Maritime Robotics* é um destes veículos (Maritime Robotics, 2019). Com um peso 80kg é capaz de levantamentos hidrográficos expeditos, sendo controlado através de uma estação em terra com a intervenção de dois operadores humanos.

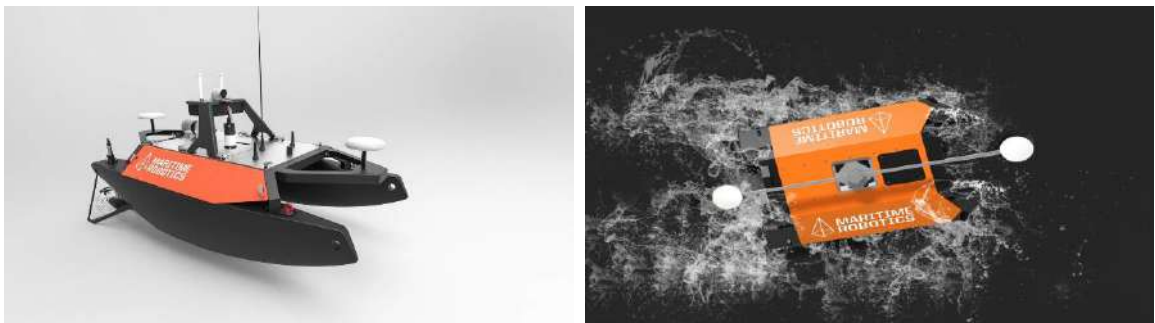


Figura 2: *Otter* da Maritime Robotics (Maritime Robotics, 2019)

Estes tipos de soluções vão ganhando relevância quer no mundo militar quer no mundo civil. Comparando-as com outros tipos de soluções, incluindo outros tipos de veículos autônomos e plataformas de superfícies, estas apresentam as suas vantagens e desvantagens

individuais, podendo como tal, aplicadas corretamente, ser utilizadas para apoiar diversas missões de forças armadas e instituições civis.

<div> <div></div> Clear advantage of USVs <div></div> Near parity <div></div> Clear disadvantage of USVs </div>						
Attributes	UUVs	Float Platforms	Satellites	Manned Ships	UAVs	Manned Aircrafts
Endurance	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Payload capacity	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Cost	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Maneuverability	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Deployability	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Water depth measurement	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Autonomy requirement	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>

Tabela 1: Comparação entre USVs e outros tipos de soluções e veículos (Liu, 2016)

Como tal, é do profundo interesse da Escola Naval desenvolver o conhecimento e *know-how* interno nesta área cada vez mais importante por forma a fomentar-se o contínuo desenvolvimento e investigação tecnológica cada vez mais fundamental para o seu estatuto e missão. Foi neste mesmo sentido que o projeto VENT-Sup EN foi conceptualizado. Este consistiria no projeto de um veículo não tripulado de superfície (VENT-Sup), dentro do contexto do *Project Based Learning (PBL)*, capaz de receber vários equipamentos para realizar missões. Conquanto, o objetivo do projeto não era o de meramente construir um meio naval, mas sim o de criar conhecimento, estabelecer procedimentos e canais de comunicação com entidades externas, fomentar a colaboração da Escola Naval com outras organizações, criar *know-how* nesta área e fundamentalmente aumentar as capacidades da Escola Naval de produzir conhecimento e tecnologia. O presente trabalho descreve a evolução e as várias decisões tomadas ao longo do processo de projeto do primeiro protótipo do VENT-Sup EN. A dissertação inicia-se com uma análise do atual estado da arte, seguido da definição de um modelo para o processo de projeto pelo qual o resto da dissertação se irá guiar, finalizando com conclusões e uma análise aos resultados obtidos.

“Good, bad or indifferent, if you are not investing in new technology, you are going to be left behind.”

-Phillip Green, chairman do grupo Arcadia

1. Pertinência e âmbito do projeto

Face ao recente desenvolvimento deste tipo de tecnologias, e no sentido de não só satisfazer algumas necessidades da Escola Naval mas também criar *know-how* interno, foi criado o projeto VENT-Sup EN.

O objetivo deste projeto é o de projetar e construir um veículo não tripulado de superfície (VENT-Sup) capaz de transportar vários *payloads* de sensores e equipamentos por forma a desempenhar missões específicas em suporte da Escola Naval (ex.: levantamentos hidrográficos, recolha de dados ambientais, apoio a ensaios científicos, reconhecimento portuário, entre outros).

No entanto, a principal missão do Projeto VENT-Sup EN centra-se em:

- Desenvolver *know-how* interno e conhecimento na área dos veículos autónomos na Escola Naval;
- Fomentar a colaboração da Escola Naval com entidades externas, nomeadamente a Arsenal do Alfeite, S.A.;
- Criar procedimentos, canais de comunicação e contactos para este tipo de projetos;
- Explorar o potencial de uma ótica de *Project Based Learning (PBL)* no ensino dentro da Escola Naval;
- Desafiar as capacidades de desenvolvimento e investigação da Escola Naval com o *flagship project* de um meio naval;

Após a sua construção, a plataforma ficará ao encargo da Escola Naval a qual irá apoiar no ensino e investigação em diversas áreas das Ciências Militares Navais e em futuras dissertações de mestrado. Seguidamente o projeto também será divulgado quer na comunidade científica, em conferências nacionais e internacionais, quer na comunidade civil e militar contribuindo para cimentar o estatuto da Escola Naval não só como um estabelecimento de ensino conceituado, mas também como um centro de investigação e desenvolvimento científico e tecnológico.

O Projeto VENT-Sup EN engloba para além do trabalho vertido na presente dissertação de mestrado, estudos nas áreas de sensores, automação, comando e controlo e

inteligência artificial, desenvolvidos por outros alunos da Escola Naval, que se encontram em diferentes fases de desenvolvimento, tendo contribuído para algumas soluções técnicas apresentadas na presente dissertação.

2. Estado da Arte

A história da utilização dos veículos de superfície não-tripulados no meio militar remonta à 2ª Guerra Mundial. Nesta, os VENT-Sup começaram a ser utilizados para recolher amostras de água após testes com bombas atômicas por forma a efetuar testes de radioatividade. Após a 2ª Guerra Mundial, os VENT-Sup começaram a ser utilizados como alvos para treino e exercícios de artilharia. Em 1970 começaram a ser utilizados VENT-Sup em operações de limpeza de minas, reduzindo assim o risco para operadores humanos aplicados neste tipo de operações. A partir de 1990, com o crescente desenvolvimento tecnológico, ressurgiu o interesse no desenvolvimento de veículos de superfície não-tripulados para aplicações militares como operações de vigilância, patrulha costeira e combate ao terrorismo. No mundo militar moderno, existem vários tipos de VENT-Sup, de dimensões variadas, aplicadas num grande leque operacional. No entanto, as operações onde estes se encontram preponderantemente aplicados são:

- Guerra anti-submarina (ASW – Anti-Submarine Warfare);
- Guerra anti-superfície (ASuW – Anti-Surface Warfare);
- Guerra eletrónica (EW – Electronic Warfare);
- Guerra de minas (MCM – Mine Countermeasures);
- Inteligência, pesquisa e reconhecimento (ISR – Intelligence, Surveillance and Reconnaissance);
- Busca e salvamento marítimo;
- Antiterrorismo;

Conquanto, o tipo de missões a serem desempenhadas pelos VENT-Sup no mundo militar moderno, encontram-se ainda limitadas pelo cariz da própria tecnologia e pela autonomia e nível de intervenção humana na operação e processo de decisão dos diferentes veículos.

No mundo civil, no entanto, os VENT-Sup são preponderantemente utilizados para fins científicos. Grande parte destes veículos são projetados para missões como levantamentos hidrográficos e recolha de dados ambientais, tendo-se mostrado particularmente úteis para o efeito (NOAA, 2017). Por exemplo, a empresa de serviços hidrográficos TerraSond, baseada no Alasca (EUA), terá em Agosto de 2016 utilizado veículos de superfície no estreito de Bering por forma a realizar vários levantamentos hidrográficos em operação conjunta com navios tripulados. O VENT-Sup em uso por esta

empresa conseguiu recolher mais de 44% dos dados do projeto total (Hydro International, 2016).

Por forma a estabelecermos expectativas iniciais para o VENT-Sup EN, foram analisados vários veículos de várias dimensões presentes no espectro militar e civil moderno, sendo estes posteriormente utilizados como referências para o veículo a projetar. Nestes foi de especial interesse o estudo das várias capacidades técnicas e operacionais dos veículos, as suas dimensões e equipamentos utilizados. Toda a informação obtida foi posteriormente organizada dentro de uma base de dados para utilização futura como referência. Dos exemplos estudados, no entanto, destacaram-se alguns veículos.

2.1 Veículos de Superfície Não-Tripulados Militares

2.1.1 Interceptor (EUA)

Um dos mais sofisticados VENT-Sup atualmente em operação no mundo militar moderno, o Interceptor foi desenvolvido no ano de 2006. Este é um veículo monocasco planante com 6,5 metros, capaz de atingir velocidades até 48 nós. O seu conceito operacional baseia-se no desempenhar de operações de segurança, quer de proteção de força quer de proteção e vigilância portuária (GMarine, 2019).

Este veículo pode ser comandado autonomamente por um computador de bordo e sistema de navegação integrado, conduzindo o veículo ao longo de uma rota pré-determinada para cumprir várias missões atribuídas. Alternativamente, o veículo pode ser controlado remotamente por um operador humano via *radio link*. O veículo possui um motor 266 *Steyer* ligado a um sistema de hidrojato para garantir as elevadas velocidades praticadas por este.



Figura 3: Interceptor USV (GMarine, 2019)

2.1.2 Katana (Israel)

O veículo não-tripulado de superfície *Katana*, foi projetado em 2014 para a Marinha de Israel por forma a cumprir com missões de proteção de força, proteção portuária, combate a fogos em portos, busca e salvamento, vigilância e operações antiterrorismo. O veículo tem 11.9 m de comprimento, estando projetado para operar maioritariamente em regiões costeiras. Possui dois motores diesel de 560 cavalos que lhe permitem alcançar os 60 nós de velocidade máxima com o seu sistema de hidrojato. O valor máximo da *payload* equipável no veículo é de 2200 kg, tendo este um deslocamento de cerca de 6 toneladas (IAI, 2019).

Quanto ao comando e controlo, o veículo pode ser controlado de forma autónoma por um computador de bordo conectado a sistemas Radar, AIS e *payloads* eletro-ópticas por forma a evitar qualquer colisão quando o veículo se encontra a ser operado. Além disto, também é possível controlar o veículo remotamente através de *Radio Link* com um operador humano (IAI, 2019).



Figura 4: *Katana* USV (IAI, 2019)

2.1.3 Sea Hunter (EUA)

O Sea Hunter USV é um veículo de superfície não-tripulado lançado em 2016 como parte do projeto *ACTUV (Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel)* da *DARPA* para a Marinha dos Estados Unidos da América. Este veículo foi contruído pela empresa de construção naval *Vigor Industrial*, fazendo parte da classe *Medium Displacement Unmanned Surface Vehicle (MDUSV)* desta Marinha (DARPA, 2018).

O veículo tem um comprimento de 40 m, com um deslocamento de 145 toneladas e uma velocidade máxima de 27 nós. O seu alcance de operação é de cerca de 10000 milhas náuticas à velocidade de cruzeiro de 12 nós. O veículo está projetado para enfrentar condições de estado de mar *Sea State 5*. O formato trimarã do seu casco permite com que o veículo tenha uma estabilidade bastante boa bem como uma excelente estabilidade direcional, sendo este projetado essencialmente para percorrer trajetórias lineares em águas costeiras. O Sea Hunter pode ser operado de forma autónoma por um computador de bordo, de forma remota por uma estação de operação costeira ou no local através de uma ponte integrada no veículo (DARPA, 2018).

Este veículo está de momento em período de teste, sendo o seu principal objetivo substituir navios da Marinha dos Estados Unidos em operações anti-minas. Através disto a *DARPA* propõe reduzir o custo diário destas operações de \$700,000 por dia para \$15,000-\$20,000 por dia, obtendo os mesmos resultados sem o risco para operadores humanos (DOD, 2015).



Figura 5: Sea Hunter USV (DARPA, 2018)

2.2 Veículos de Superfície Não-Tripulados Cíveis

2.2.1 Maritime Robotics Otter

O *Otter* representa o veículo de superfície não-tripulado mais recente desenvolvido pela empresa Norueguesa *Maritime Robotics*. Este veículo de reduzidas dimensões tem um deslocamento de apenas 55 kg e um comprimento de 2 metros. O *Otter* foi projetado para operar em águas costeiras, lagos e rios, sendo transportado para o local em peças modulares de 20kg (Maritime Robotics, 2019).

As missões para as quais este veículo foi maioritariamente projetado são as de levantamento hidrográfico e recolha de dados ambientais. Para tal, o *Otter* utiliza uma série de sensores de batimetria e ambientais para recolher vários dados transmitidos a uma estação de terra (*VCS – Vehicle Control Station*). Este pode ser controlado através desta estação, ou através de uma aplicação *Android*. Alternativamente, o *Otter* poderá ser programado com uma série de *waypoints* a seguir por forma a permitir a sua operação autónoma e contínua (Maritime Robotics, 2019).



Figura 6: Otter USV (Maritime Robotics, 2019)

2.2.2 Innomar Survey Catamaran

O *Innomar Survey Catamaran* é um veículo não-tripulado de superfície desenvolvido para levantamentos hidrográficos em águas interiores bem como em ambientes sensíveis como reservatórios de água potável (Innomar, 2017).

Este veículo de 3.9 metros de comprimento tem um deslocamento de 370kg, podendo ainda receber *payloads* até 100kg. Este veículo é movido por dois motores fora de bordo que lhe permitem alcançar uma velocidade máxima de 4 nós durante aproximadamente 12 horas. O veículo está pronto para receber vários módulos e *payloads* de equipamentos por forma a desempenhar as suas missões. O comando e controlo deste pode ser feito de forma autónoma por um computador de bordo ou de forma remota por um operador humano através de *link wifi* até uma distância máxima de 10 km (Innomar, 2017).



Figura 7: Innomar Survey Catamaran (Innomar, 2017)

3. O Modelo para o processo do projeto naval

O projeto de um navio e, de forma análoga, de um veículo não tripulado de superfície, é inerentemente um processo complexo e desafiante (Evans, 1959). Este requer um largo espectro de conhecimento em diversas áreas científicas combinado com um processo inerentemente iterativo de conceptualização, análise e melhoria até à obtenção de um produto final satisfatório. Na maioria dos casos são também utilizados métodos inexatos analítico-empíricos utilizados previamente com sucesso ou extrapolados por métodos estatísticos de projetos anteriores.

Este processo iterativo já terá sido abordado anteriormente, de onde se revela o trabalho desenvolvido por J. Harvey Evans (Evans, 1959) na sua espiral de projeto.

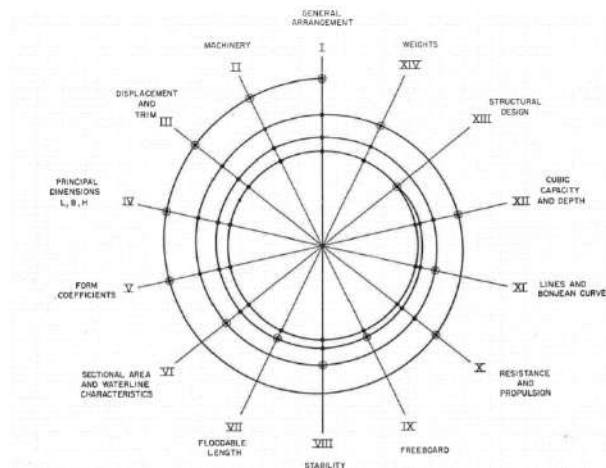


Figura 8: Espiral de projeto de Evans (Evans, 1959)

O projeto de um meio naval tem por objetivos o estudo de todos os problemas a resolver ou missões a desempenhar pela plataforma, a conceptualização das características e requisitos necessários para concretizar os requisitos iniciais do veículo e finalmente a elaboração de todos os estudos e planos que definem o navio a construir bem como o processo de construção e provas de mar deste (Tupper, 2013). Conquanto, cada organização utiliza por norma uma estrutura e metodologia de projeto individual, não existindo como tal uma metodologia estandardizada.

Ao investigar o modelo do processo de projeto a utilizar para o VENT-Sup EN, vários trabalhos desenvolvidos por investigadores no ramo do projeto naval foram analisados, como David Andrews et al. (Andrews & Pawling, 2008.), (Andrews & Erikstad, 2015)

(Pawling & Andrews, 2011). Após alguma deliberação, e considerando que o projeto VENT-Sup EN compreenderia um veículo de dimensões consideravelmente menores do que as geralmente abordadas pelos vários investigadores do ramo do projeto naval, foi decidido optar por uma abordagem holística a estes princípios para a definição do processo do projeto a seguir. Apesar desta não ser a metodologia mais eficiente, torna-se mais conservativa, adaptável ao projeto (de especial importância considerando a discrepância entre as dimensões do veículo a projetar e os veículos normalmente projetados recorrendo a estes processos de projeto) e torna-se também passível a melhorias consoante o decorrer do projeto de veículos produzidos a partir destes mesmos princípios.

Para a aquisição de meios navais na Marinha Portuguesa é adotada como referência a publicação “*NATO AAP-20: NATO Programme Management Framework*” da OTAN (NATO, 2010). Esta divide o projeto de um meio naval em várias fases iterativas: Projeto Pré-conceitual, Projeto Conceptual, Desenvolvimento, Produção, Utilização, Suporte e Abate. Apesar desta metodologia se aparentar sequencial, todas as fases são iterativas e recorrentes entre si. Em muitos casos é necessário reiterar fases anteriores devido a decisões tomadas com o desenvolver do projeto (Evans, 1959).

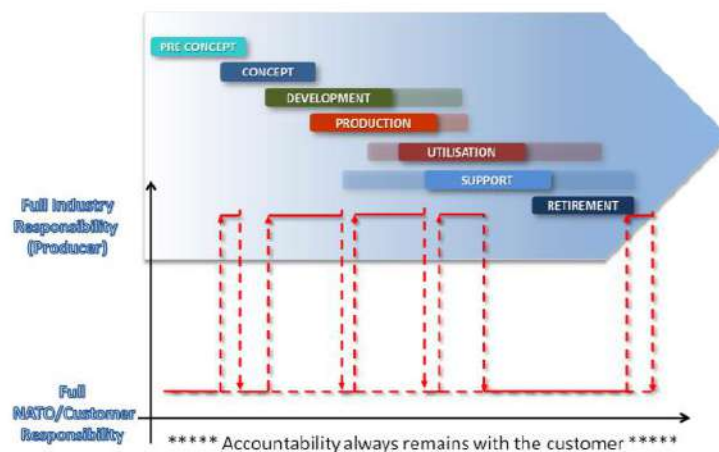


Figura 9: Processo do projeto Naval, NATO AAP-20: NATO Programme Management Framework (NATO, 2010)

Esta metodologia OTAN foi posteriormente adaptada e reformulada em 2005, pelo CMG ECN Rapaz Lérias (Lérias, 2005), de modo a enquadrar todo o processo do projeto naval aos processos e infraestruturas da Marinha Portuguesa. Este processo adaptado

compreende as fases de: Projeto Conceptual, Projeto Básico, Projeto Detalhado e Projeto de Construção.

Para efeitos do Projeto VENT-Sup EN, este processo foi de novo readaptado no contexto do projeto de um veículo de superfície e utilizado no projeto da plataforma. Este processo utilizado compreende as seguintes fases sequenciais:

1. Projeto Conceptual
2. Estudos Iniciais;
3. Projeto Básico;
4. Projeto Detalhado;
5. Projeto de Construção;
6. Ciclo de Vida;



Figura 10: Fases do programa de aquisição de um navio militar. Adaptado de lição inaugural do ano letivo 2016/17 da Escola Naval (Silva, 2016)

Seguindo este processo de projeto naval, torna-se inicialmente necessário determinar as necessidades que motivam a aquisição do veículo bem como o seu emprego operacional.

Estando estes bem definidos, é possível estabelecer requisitos operacionais e técnicos com os quais a plataforma terá de cumprir para realizar as funções propostas de forma satisfatória. Considerando agora possíveis materializações dos requisitos operacionais em requisitos técnicos e o seu equilíbrio com o nível de ambição face às tecnologias existentes, é possível ter uma nuvem de escolhas de sistemas e equipamentos a bordo, bem como

materiais utilizados, pesos e volumes resultantes destes. A este processo iterativo e não estanque corresponderão os Estudos Iniciais.

Através destes, e utilizando métodos empíricos e analíticos apropriados à plataforma a projetar, é possível realizar um dimensionamento inicial que permita obter uma estimativa das dimensões relevantes da plataforma para início de iteração da espiral de projeto de Evans.

Com estas dimensões, recorrendo novamente a métodos analíticos e analítico-empíricos, conseguimos estimar a potência necessária para cumprir com requisitos iniciais de velocidade do VENT-Sup, proceder à modelação em 3D em software CAD (*Solidworks*®) do veículo autónomo e realizar estudos de potência e estabilidade recorrendo a ferramentas computacionais (*DELFTShip*® e *Solidworks*®).

Seguidamente, procede-se ao projeto detalhado da plataforma no qual elaboramos alguns estudos específicos e é descrito com detalhe toda a plataforma.

Finalmente, é elaborado o projeto de construção do veículo para entrega ao construtor naval que produzirá o primeiro protótipo. Estando a plataforma construída, concluímos o projeto com as provas de mar e entrega do veículo à Escola Naval.

Consoante o desenvolvimento do projeto VENT-Sup EN, foi possível detalhar todas as diversas fases do método do projeto, sendo contruído um fluxograma para o efeito. Várias das fases recorrem entre si devido ao impacto que resultados de determinadas análises têm em outras fases do projeto. Isto é particularmente evidente ao realizar o projeto de construção. Devido ao processo de construção escolhido para o VENT-Sup, foi por várias vezes alterado o design deste de modo a possibilitar a sua construção ou diminuir os custos da mesma. Por sua vez, o redesenho de determinadas partes do veículo afetaria outras vertentes do projeto que teriam então de ser reiteradas.

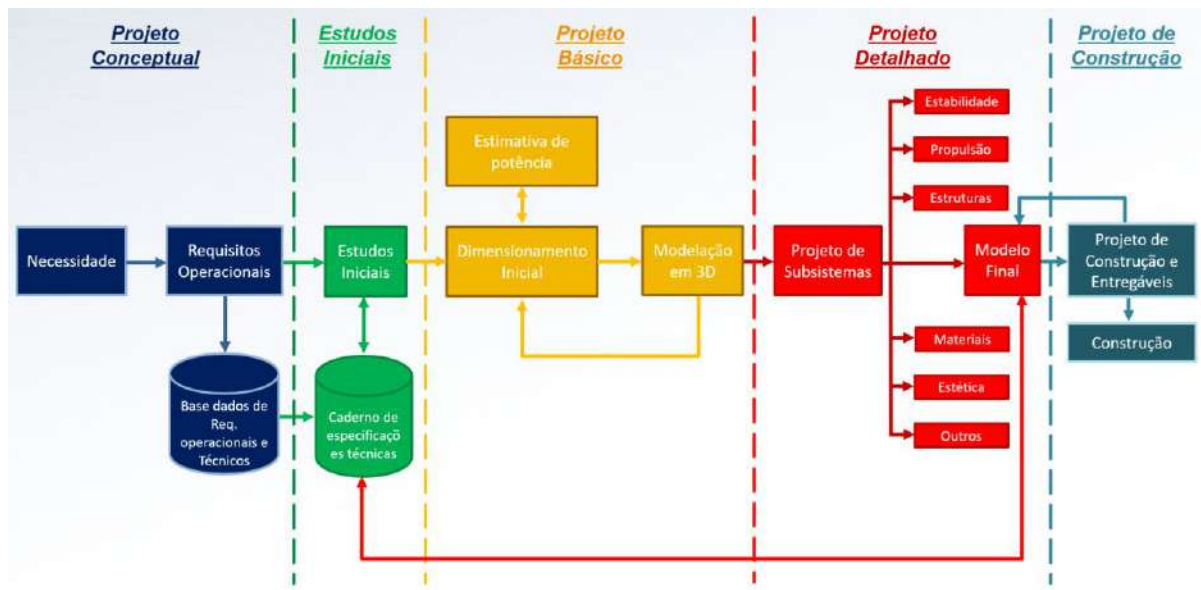


Figura 11: Fluxograma do processo de projeto para o VENT-Sup EN

A gestão das expectativas para o desempenho do veículo, com o que é possível ser projetado e com o que é possível ser construído, exequível e financeiramente viável, apresentou-se como um dos desafios principais ao longo do projeto e como um principal responsável pelo cariz iterativo do projeto naval. Como tal, a cooperação entre a equipa de projeto e o construtor naval mostrou-se como uma consideração importante no decorrer de todo o projeto.

4. Conceito de Emprego Operacional e Requisitos Operacionais

Grande parte dos projetos e desenvolvimentos tecnológicos são conceptualizados a partir de uma base comum: um problema que necessita de ser resolvido. Como tal, iniciamos o projeto VENT-Sup EN ao definir de forma clara e concisa todos os problemas ou necessidades que este pretende resolver ou mitigar por forma a conseguirmos criar a melhor solução para o efeito (Taggart, 1989).

O propósito desta fase do projeto é o de definir um primeiro conceito da plataforma que satisfaça as necessidades da organização de forma satisfatória, mas realista. Para tal, começamos por definir um conceito de emprego inicial, tendo em conta as necessidades da Escola Naval para a qual o veículo será construído. Seguidamente, definimos todos os requisitos operacionais e técnicos que advêm do conceito de emprego.

Esta fase culmina com a elaboração de uma base de dados com o conceito de emprego, requisitos operacionais e técnicos da plataforma finais. Estes serão organizados por prioridade consoante o seu impacto na satisfação do conceito de emprego operacional do veículo.

4.1 Conceito de Emprego Operacional

Toda esta análise inicia-se com a definição dos vários tipos de missões que o VENT-Sup EN deverá ser capaz de desempenhar para a Escola Naval. Estas missões foram definidas através de extensa discussão com o Departamento de Ciências e Tecnologias e com o Comando da Escola Naval por forma a identificar as principais expectativas destes para o projeto VENT-Sup EN bem como as necessidades essenciais a satisfazer pela plataforma. Para tal, foi de especial importância ter em consideração as limitações impostas pelos recursos disponíveis para o projeto por forma a estabelecer expectativas iniciais que sejam realistas e exequíveis.

4.1.1 Levantamento Hidrográfico

Para efeitos de apoio ao ensino na Escola Naval, o VENT-Sup EN deverá ser capaz de realizar missões de levantamento hidrográfico expedito. Este tipo de missão é de momento desempenhado por embarcações semirrígidas, lanchas e uma mota de água da Brigada Hidrográfica (Instituto Hidrográfico, 2018).



Figura 12: Moto de água e semirrígida da Brigada Hidrográfica em missões de levantamento Hidrográfico (Instituto Hidrográfico, 2018)

De forma ter uma ideia concreta do tipo de equipamentos a bordo destes meios e da metodologia da Brigada Hidrográfica nestas missões, foi feita uma visita às suas instalações. Os vários veículos e meios utilizados pela Brigada Hidrográfica foram utilizados como referência para o VENT-Sup EN. Conseguimos assim observar e detalhar os equipamentos que o veículo necessitaria para efetuar levantamentos hidrográficos bem como as condições em que iria operar.

Tendo em conta os equipamentos a transportar pelo VENT-Sup, as condições em que este terá de operar, bem como as características dos meios atualmente a desempenhar funções semelhantes, é possível definir requisitos operacionais e técnicos que listamos posteriormente numa base de dados. Nomeadamente, o VENT-Sup EN teria de ser capaz de operar em condições de mar de “pequena vaga” (estado mar 3 na escala Douglas – até 1,25 metros de altura de vaga) e condições de vento “moderado” (4 na escala de Beaufort), deverá ter uma autonomia superior a 2 horas a uma velocidade mínima de 2 nós e deverá ser possível operar o VENT-Sup a distâncias máximas entre 1 a 2 milhas náuticas.

Todos os equipamentos a serem transportados pelo veículo (em conjunto com as respetivas características), serão posteriormente registados numa base de dados secundária, em conjunto com os equipamentos necessários para as restantes missões. Os equipamentos

escolhidos para o efeito foram preferencialmente equipamentos já em uso pela Escola Naval e pela Marinha Portuguesa.

4.1.2 Reconhecimento Portuário e Costeiro

O reconhecimento portuário e costeiro representa uma outra missão em que o VENT-Sup EN será empenhado. Nestas missões o VENT-Sup estaria a desempenhar funções semelhantes às realizadas por helicópteros ou forças de desembarque e reconhecimento (EMGFA, 2018). Para tal o VENT-Sup EN teria de ser capaz de realizar missões de reconhecimento ao longo de costa, com uma autonomia superior a 2 horas, a uma velocidade de 10 nós, e com meios de reconhecimento aéreo capazes de penetrar zonas terrestres até 400 metros.

Para este efeito o VENT-Sup EN poderá recorrer a um UAV à prova de água, com um alcance de 800 metros à velocidade máxima de 65 km/h, e uma *charging pad* para assegurar o carregamento deste após a sua aterragem no VENT-Sup. O VENT-Sup EN deverá ter uma elevada superfície de convés para permitir a aterragem do meio aéreo e deverá também ser dotado de uma estabilidade particularmente boa para facilitar a aterragem e descolagem.

Todos os componentes eletrónicos sensíveis a bordo do VENT-Sup deverão estar completamente protegidos da corrosão da água salgada. O veículo também deverá poder ser controlado a uma distância máxima não inferior a 1 milha náutica.



Figura 13: SwellPro Spry (SwellPro, 2019) e forças de desembarque (Fuzileiros Portugueses e Britânicos) (BI, 2017)

4.1.3 Plataforma de ensaios para I&D e recolha de dados ambientais

A última missão para a qual o VENT-Sup será inicialmente projetado é a de servir como plataforma de ensaios para investigação e desenvolvimento na Escola Naval, bem como para recolher dados ambientais para efeitos científicos. Para este efeito, o VENT-Sup deverá ser capaz de receber vários *payloads* compostos por sensores, meios de comunicação, câmaras e outros dispositivos eletrónicos utilizados para a recolha de dados.

O VENT-Sup EN deverá ser capaz de, com o *payload* adequado, recolher vários dados relativos ao vento, estado do mar, temperatura e salinidade da água, recolher amostras de água do mar em diferentes áreas de operação, ter uma autonomia superior a 3 horas, uma velocidade máxima de 10 nós e mínima de 2 nós.

4.2 Requisitos Operacionais e Técnicos

Tendo em conta as várias missões em que será espetável empenhar o VENT-Sup EN, e tendo em conta as diferentes regiões onde este irá operar (geralmente em água interiores e ao largo da costa de Portugal Continental e Ilhas, lançado a partir de terra ou a partir de um meio naval), foram estabelecidos diversos requisitos operacionais e técnicos numa base de dados. Estes requisitos foram estabelecidos como os mais exigentes necessários para satisfazer o conceito de emprego operacional do veículo.



Figura 14: Área espetável de operação do VENT-Sup EN – regiões costeiras e ilhas a vermelho e rios portugueses (DGRM, 2019)

No entanto, durante todo este processo, foram consideradas todas as limitações impostas pelo orçamento atribuído ao projeto e os recursos disponíveis para a sua execução por forma a estabelecer expectativas realistas do veículo final.

Todos os requisitos foram então organizados por prioridade ((mandatória (M), desejável (D), opcional (O) e possível evolução futura (PEF)), traduzindo a sua importância final para o cumprimento satisfatório do conceito de emprego operacional da plataforma. A base de dados onde estes foram guardados encontra-se organizada em várias secções. Nomeadamente, uma secção inicial dos requisitos operacionais para o veículo, seguida de várias outras folhas onde se encontram detalhados os requisitos técnicos específicos para vários dos subsistemas do VENT-Sup EN. Estes requisitos serão posteriormente utilizados na redacção de um caderno de requisitos técnicos para entrega no construtor naval.

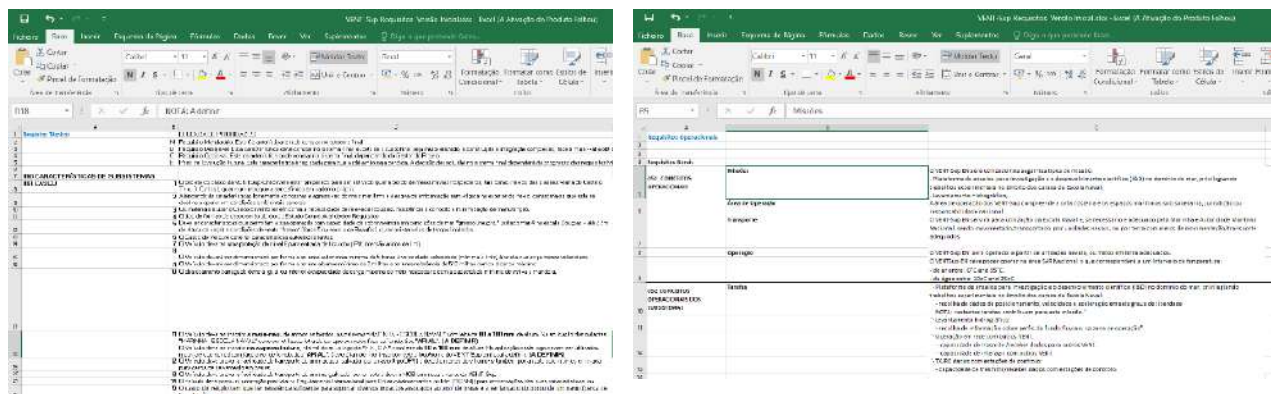


Figura 15: Folha de cálculo inicial com os requisitos operacionais e técnicos para a plataforma (P. Costa, P. Silva, B. Moreira, 2019) (Lopes, 2018)

estão a ser desempenhadas algumas das missões para as quais o VENT-Sup EN está a ser projetado e os equipamentos que são utilizados para o efeito.

Sempre que possível foi considerada a integração de equipamentos já na posse da Marinha Portuguesa na plataforma, não sendo assim necessárias verbas para os adquirir para o VENT-Sup.

Equipamento	Nome	Peso (kg)	Volume (m ³)	
GPS	SA-320	0.24	0.001307953	
GNSS	GNSS-802	0.507	0.005352281	
	GNSS-502	0.45	0.003396462	
Câmara	m400	12.25	0.093094186	
2 x Motores	Cruise 2.0T	36.8		
2 x Baterias	Power 26-104	48.6		
Radar	Raymarine Quar	5.6	0.192632449	
Sistema propulsão		5		
Total:		109.447	0.295783331	

Tabela 3: Perfil base da plataforma definido inicialmente

5.2 Tipo de casco

Para definir o tipo de casco utilizado pelo veículo, foi realizada uma avaliação multicritério inicial dos tipos de cascos observados em veículos não tripulados de superfície que desempenham funções semelhantes às que o VENT-SUP irá desempenhar:

- Planante;
- Semi-Planante;
- Multi-casco;
- SWATH;
- Hydrofoil

Estes são por sua vez avaliados segundo uma série de características relevantes ao conceito operacional anteriormente definido. Para tal é utilizado o método de análise multicritério adaptado da dissertação de mestrado do GMAR EN-MEC Pereira Lopes do ano letivo de 2017/2018 (Lopes, 2018). É gerada uma matriz para este efeito no qual é atribuído um peso a cada característica segundo a sua importância, em que 1 representa a menos importante e 8 a mais importante. Por outro lado, para cada tipo de casco, um valor entre 1 e 5 é atribuído para representar o quão adequado ou não este é. É atribuído 1 se o tipo de casco não é adequado até 5 se este é bem adequado à função pretendida.

A avaliação da adequabilidade de cada casco, para cada característica, é feita com base em conhecimentos empíricos bem como na experiência. Sendo de especial destaque artigos específicos que identificam as diversas vantagens e desvantagens de cada tipo de casco e.g. os multicascos possuem uma maior área de convés, as embarcações hydrofoil caracterizam-se por levantarem o casco principal da água, reduzindo a sua resistência ao avanço, os cascos do tipo SWATH têm um elevado desempenho no que diz respeito ao seu comportamento no mar devido à sua pequena área de flutuação, entre outras características (Molland, 2008) (Lopes, 2018).

Esta avaliação é expressa na seguinte tabela:

Importância	Características	Planante	Semi-Planante	Hydrofoil	Multi-casco	SWATH
8	Transportabilidade	5	5	1	4	1
7	Área de convés	2	3	1	5	5
6	Lançamento e recuperação	5	4	1	3	1
5	Resistência a afundamento	3	3	3	5	5
4	Resistência ao avanço	3	2	5	4	1
3	Facilidade de produção e desenho	4	5	1	2	2
2	Comportamento no mar	2	3	1	4	5
1	Flexibilidade na distribuição de carga	4	5	4	3	3
		131	134	65	143	97
36		3.6	3.7	1.8	4.0	2.7

O casco mais adequado de acordo com os critérios da tabela 1 é então escolhido segundo o maior valor da seguinte equação:

$$\frac{\sum_{i=1}^8 (importância_i \times adequabilidade_i)}{\sum_{i=1}^8 (importância_i)} \quad (5.1)$$

Concluiu-se que o casco adequado para a plataforma a projetar é um multi-casco. Após a análise de vários veículos autónomos diferentes que desempenham funções semelhantes, foi decidido optar por um tipo de casco catamaran, dado este ser também o mais usualmente observado no atual estado da arte, estar associado a menores custos de produção e permitir

geralmente uma maior área de convés (Molland, 2008). Foi determinado também que, para facilidade de construção e para redução de custos, seria ideal produzir um casco *catamaran* com uma estrutura modular que permita alterar o *payload* do veículo para cada missão distinta. Isto diminuiria consideravelmente as dimensões do veículo necessárias para cumprir todos os requisitos operacionais e técnicos iniciais, diminuindo assim o custo da construção do primeiro protótipo. Para tal contribuiria também o facto do casco catamaran projetado ser dotado de dois cascos simétricos removíveis, possibilitando a utilização de apenas um conjunto de moldes para a produção de ambos.

6. Projeto Básico

Nesta fase do projeto pretendemos resolver alguns problemas iniciais, nomeadamente: determinar as dimensões iniciais do veículo, realizar uma estimativa de potência inicial para este e projetar os primeiros modelos geométricos para o VENT-Sup. Todo este processo é feito de forma iterativa, sendo que várias destas fases recorrem entre si devido à influência que os resultados obtidos para cada etapa do projeto básico têm nas restantes etapas deste.

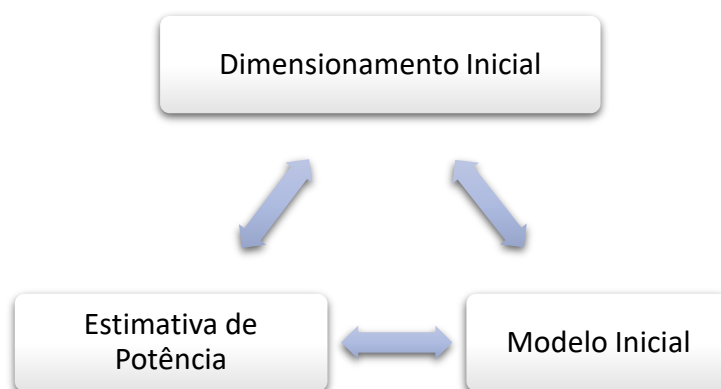


Figura 16: Processo e fases do Projeto Básico

6.1 Dimensionamento inicial

Com o conhecimento do tipo de casco a utilizar e com os pesos dos vários *payloads* definidos, é agora possível começar a estabelecer todas as dimensões iniciais do veículo (comprimento (L), boca (B), calado (T), entre outras). Por forma a obter uma estimativa para estas dimensões, foi utilizada, numa iteração inicial, uma folha de cálculo com dados iniciais de coeficientes de forma de outros veículos de dimensões e conceito operacional semelhantes, a partir dos quais foi feita uma média utilizada para prever as dimensões do nosso veículo (NATO, 2010) (Silva, 2016).

Para obtermos estes coeficientes de forma, utilizamos como exemplo veículos não tripulados de superfície que desempenham funções semelhantes às que o VENT-Sup EN desempenhará. Com estes construímos uma base dados de coeficientes de forma de veículos de casco do tipo catamaran de 2 a 11 metros de comprimento e obtivemos os valores médios destes para posteriormente os utilizar no dimensionamento inicial do VENT-Sup EN.

As dimensões inicialmente estimadas para o VENT-Sup EN são continuamente alteradas, iterando o processo, até que o volume e peso do maior *payload* calculado nos perfis de missões sejam suportados pela plataforma, considerando uma margem para erros e incremento futuro.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2				Peso	Volume										
3				0.05	0.01000										
4				Margem 5%											
5				0.05	0.01										
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															

Figura 17: Folha de cálculo do dimensionamento inicial (P. Costa, P. Lopes, 2018)

No final deste dimensionamento obtivemos um casco com as seguintes dimensões e coeficientes de forma para um *payload* com 120 kg:

<i>L – Comprimento</i>	3.270061 m
<i>T – Calado</i>	0.5722261 m
<i>B – Boca (um casco)</i>	0.343356 m
<i>Δ – Deslocamento</i>	0.3612 ton
<i>C_p</i> – Coeficiente Prismático	0.570
<i>C_w</i> – Coeficiente de Área de Flutuação	0.7261
<i>C_B</i> – Coeficiente de Finura Total	0.6305
<i>k_B</i> – Ratio Comprimento/Deslocamento	0.60

Tabela 5: Resultados do dimensionamento inicial do VENT-Sup EN

6.2 Estimativa de potência (Holtrop & Mennen)

Com as dimensões iniciais definidas, procedemos à estimativa de potência que este veículo requer para cumprir com os requisitos de velocidade pré-estabelecidos.

Para este efeito, foi utilizado o método de *Holtrop & Mennen* (Holtrop & Mennen, 1984) (Holtrop, 1988), dado que o casco é expectável ser um multi-casco de deslocamento devido às baixas velocidades por este praticadas.

Este é um método estatístico para determinar a potência efetiva requerida para um dado navio em etapas iniciais do seu projeto. Foi desenvolvido através de uma análise de vários dados provenientes da “*Netherlands Ship Model Basin*”. A extensão deste método mais recente (Holtrop, 1988) foi a utilizada nesta previsão inicial.

Neste modelo a resistência total de um navio é decomposta em várias componentes: a resistência à fricção (utilizada para esta a fórmula de fricção ITTC-1957) (ITTC, 1957), um fator forma, a resistência de apêndices, a resistência de onda, resistência do bolbo e uma componente relacionada à correlação modelo-navio (Holtrop, 1988).

$$R_T = (1 + k_1)R_F + R_W + R_B + R_{TR} + R_{APP} + R_A \quad (6.1)$$

$$R_T = \text{Resistência Total} \quad (6.2)$$

$$R_F = \text{Resistência de Fricção} \quad (6.3)$$

$$R_W = \text{Resistência de onda do Casco sem Apêndices} \quad (6.4)$$

$$1 + k_1 = \text{Fator de Forma do Casco sem Apêndices} \quad (6.5)$$

$$R_B = \text{Resistência de Onda da Proa com Bolbo} \quad (6.6)$$

$$R_{TR} = \text{Resistência Adicional da Popa Imersa} \quad (6.7)$$

$$R_{APP} = \text{Resistência dos Apêndices} \quad (6.8)$$

$$R_A = \text{Fator de Correlação} \quad (6.9)$$

Para obtermos a resistência gerada pelo movimento do volume imerso do casco a uma dada velocidade na água é necessário obtermos o valor de cada um destes componentes da resistência total.

Começando pela obtenção do fator de forma do casco, este pode ser previsto segundo a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned}
 1 + k_1 &= f\left(\frac{L}{B}, \frac{L}{T}, LCB, \frac{\nabla}{L^3}, C_P\right) \\
 &= c_{1,3} \left\{ 0.93 \right. \\
 &\quad + c_{1,2} \left(\frac{B}{L_R}\right)^{0.92497} (0.95 - C_P)^{-0.521448} (1 - C_P \\
 &\quad \left. + 0.225 lcb)^{0.6906} \right\}
 \end{aligned} \tag{6.10}$$

O valor de C_P representa o coeficiente prismático e lcb a posição longitudinal do centro de impulsão para vante de meio navio como uma percentagem do comprimento deste. L_R por sua vez é um parâmetro que reflete o comprimento de onda gerado pelo movimento do navio de acordo com a seguinte fórmula:

$$\frac{L_R}{L} = 1 - C_P + 0.06 C_P lcb / (4 C_P - 1) \tag{6.11}$$

O coeficiente $c_{1,2}$ é por sua vez definido como:

$$c_{1,2} = \left(\frac{T}{L}\right)^{0.2228446} \quad \text{para } \frac{T}{L} > 0.05 \tag{6.12}$$

$$c_{1,2} = 48.20 \left(\frac{T}{L} - 0.02\right)^{2.078} + 0.479948 \quad \text{para } 0.02 < \frac{T}{L} < 0.05 \tag{6.13}$$

$$c_{1,2} = 0.479948 \quad \text{para } \frac{T}{L} < 0.02 \tag{6.14}$$

Em que T é a média do calado da plataforma. O coeficiente $c_{1,3}$ toma em conta a forma específica da forma das secções do navio à popa, e relaciona-se com o coeficiente C_{Stern} da seguinte forma:

$$c_{1,3} = 1 + 0.003C_{Stern} \quad (6.15)$$

Para o coeficiente C_{Stern} são estabelecidos os seguintes valores de referência (Holtrop, 1988):

Formato de Secção	C_{Stern}
Secções em forma de V	-10
Secções de formato <i>standard</i>	0
Secções em forma de U com popa <i>Hogner</i>	+10

Tabela 6: Valores de referência para C_{Stern} (Holtrop, 1988)

No caso do presente projeto iremos utilizar as secções em formato standard, sendo que o C_{Stern} utilizado para funções de cálculo será 0.

A área molhada do casco pode ser aproximada por:

$$S = L(2T + B)\sqrt{C_M} \left(0.453 + C_B - 0.2862C_M - 0.003467\frac{B}{T} + 0.3696C_{WP} \right) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B} \quad (6.16)$$

Neste fórmula C_M representa o coeficiente da secção mestra, C_B o coeficiente de finura total com base no comprimento na linha de água do navio L , C_{WP} o coeficiente de área de flutuação e A_{BT} a área seccional transversal do bolbo.

A resistência de apêndices no casco pode por sua vez ser calculada a partir de:

$$R_{APP} = 0.5\rho V^2 S_{APP} (1 + k_2)_{eq} C_F \quad (6.17)$$

Onde ρ é a densidade da água, V a velocidade do navio, S_{APP} a área molhada dos apêndices, $1 + k_2$ o fator de resistência para os apêndices e C_F o coeficiente de resistência por fricção do navio de acordo com a fórmula ITTC-1957.

Quanto ao valor de $1 + k_2$ adotamos os seguintes valores como referências para o fator de resistência dos apêndices, resultantes de testes de resistência em tanque de arquitetura naval (*Holtrop&Mennen, 1982*):

Valores de referência para $1 + k_2$	
Leme a ré do <i>skeg</i>	1.5 - 2.0
Leme a ré da popa	1.3 - 1.5
Estabilizadores	2.8
Veios	3.0
<i>Skeg</i>	1.5 - 2.0
Strut bossings	3.0
Hull bossings	2.0
Estabilizadores	2.8
Domo	2.7
Tanque externo	1.4

Tabela 7: Valores de referência para $1 + k_2$

O valor equivalente de $1 + k_2$ de múltiplos apêndices é obtido a partir de:

$$(1 + k_2)_{eq} = \sum \frac{(1 + k_2) S_{APP}}{\sum S_{APP}} \quad (6.18)$$

No nosso caso, inicialmente não teríamos previsto qualquer apêndice ao casco. No entanto, tal acabou por evoluir e o modelo final do VENT-Sup EN tem um *skeg* e um motor fora-de-bordo em cada casco. Como tal utilizamos um valor de 9.0 (*Skeg* e *veios*) para cada casco individual para ter em conta o efeito que estes apêndices têm na resistência gerada.

A Resistência de Onda (R_w) é por sua vez obtida segunda a expressão:

$$R_w = c_1 c_2 c_5 \nabla \rho g e^{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})} \quad (6.19)$$

Os coeficientes utilizados no seu cálculo são obtidos através das seguintes expressões:

$$c_1 = 2223105 c_7^{3.78613} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.07961} (90 - i_E)^{-1.37565} \quad (6.20)$$

$$c_7 = 0.229677 \left(\frac{B}{L}\right)^{0.33333} \quad \text{para } \frac{B}{L} < 0.11 \quad (6.21)$$

$$c_7 = \left(\frac{B}{L}\right) \quad \text{para } 0.11 < \frac{B}{L} < 0.25 \quad (6.22)$$

$$c_7 = 0.5 - 0.0625 \left(\frac{L}{B}\right) \quad \text{para } \frac{B}{L} > 0.25 \quad (6.23)$$

$$c_7 = \left(\frac{B}{L}\right) \quad \text{para } 0.11 < \frac{B}{L} < 0.25 \quad (6.24)$$

$$c_2 = e^{-1.89\sqrt{c_3}} \quad (6.25)$$

$$c_5 = 1 - \frac{0.8A_T}{BTC_M} \quad (6.26)$$

Nas expressões prévias, o parâmetro c_2 reflete a redução da resistência de onda devido ao seu bolbo (não aplicável no caso do VENT-Sup EN), c_5 a influência da popa (*transom*) e A_T representa a área imersa da secção transversal da popa à velocidade zero. Na fórmula da resistência de onda por outro lado, F_n é o número de Froude baseado no comprimento do veículo à linha de água, L .

Os restantes parâmetros podem ser obtidos a partir de:

$$\lambda = 1.446C_p - \frac{0.03L}{B} \quad \text{para } \frac{L}{B} < 12 \quad (6.27)$$

$$\lambda = 1.446C_p - 0.36 \quad \text{para } \frac{L}{B} < 12 \quad (6.28)$$

$$m_1 = 0.0140407 \frac{L}{T} - \frac{1.75254 \nabla^{\frac{1}{3}}}{L} - 4.79323 \frac{B}{L} \quad (6.29)$$

$$c_{16} = 8.07981C_p - 13.8673C_p^2 + 6.984388C_p^3 \quad \text{para } C_p < 0.80 \quad (6.30)$$

$$c_{16} = 1.73014 - 0.7067C_p \quad \text{para } C_p < 0.80 \quad (6.31)$$

$$m_2 = c_{15}C_p^2 e^{(-0.1F_n^{-2})} \quad (6.32)$$

O coeficiente c_{15} é igual a -1.69385 para $L^3/\nabla < 512$ ou $c_{15} = 0.0$ para $L^3/\nabla > 1727$. Para valores de $512 < L^3/\nabla < 1727$, c_{15} é determinado a partir da expressão:

$$c_{15} = -1.69385 + \left(\frac{L}{\nabla^{1/3}} - 8.0\right)/2.36 \quad (6.33)$$

$$d = -0.9 \quad (6.34)$$

Se o ângulo de entrada i_E não for conhecido pode ser utilizada a seguinte expressão:

$$i_E = 1 + 89e^{-\left(\frac{L}{B}\right)^{0.80856} (1-C_{WP})^{0.30484} (1-C_P-0.0225lcb)^{0.6367} \left(\frac{L_R}{B}\right)^{0.34574} \left(\frac{100\nabla}{L^3}\right)^{0.16302}} \quad (6.35)$$

A resistência gerada pela secção da popa imersa pode ser determinada utilizando a seguinte expressão:

$$R_{TR} = 0.5\rho V^2 A_T c_6 \quad (6.36)$$

O coeficiente c_6 está relacionado com o número de Froude baseado na imersão da popa do veículo:

$$c_6 = 0.2(1 - 0.2F_{nT}) \quad \text{para } F_{nT} < 5 \quad (6.37)$$

$$c_6 = 0 \quad \text{para } F_{nT} > 5 \quad (6.38)$$

$$F_{nT} = V/\sqrt{2gA_T/(B + BC_{WP})} \quad (6.39)$$

A correlação navio-modelo R_A descreve primariamente o efeito da rugosidade do casco e a resistência em condições sem vento. Esta pode por sua vez dada pela seguinte expressão:

$$R_A = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_A \quad (6.40)$$

O coeficiente C_A , determinado a partir de ensaios de velocidade e corrigidos para condições de ensaio ideais, pode ser calculado a partir da seguinte expressão:

$$C_A = 0.006(L + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003\sqrt{L/7.5}C_B^4c_2(0.04 - c_4) \quad (6.41)$$

$$c_4 = \frac{T_F}{L} \quad \text{para } \frac{T_F}{L} < 0.04 \quad (6.42)$$

$$c_4 = 0.04 \quad \text{para } \frac{T_F}{L} > 0.04 \quad (6.43)$$

Somando cada uma destas componentes conseguimos obter um valor da resistência total estimada para o navio. Finalmente, após obtida a resistência total do navio, conseguimos estimar a potência efetiva que este necessitará para praticar uma determinada velocidade. Esta é obtido através da expressão:

$$P_E = R_T g 0.51444 V^2 \quad (6.44)$$

Todos estes cálculos, bem como as dimensões do veículo, foram posteriormente programados numa folha de cálculo por forma a serem automaticamente realizados para vários valores de velocidade entre 0 e 20 nós. A folha de cálculo foi seguidamente verificada com um exemplo resolvido, tendo sido obtidos resultados que confirmaram o seu correto funcionamento (Holtrop, 1988).

Input	Value	Unit	Description
Length	100	m	Overall length
Beam	10	m	Maximum beam
Draft	3	m	Maximum draft
Block Coefficient	0.6	-	Block coefficient
Wetted Surface Area	1000	m²	Wetted surface area
Resistance Coefficient	0.002	-	Resistance coefficient
Effective Power	1000	W	Effective power

Figura 18: Folha de cálculo programada com o método de Holtrop & Mennen (P. Costa, 2018)

Por forma a compreendermos melhor o modo como os coeficientes de forma e as dimensões do veículo influenciam a resistência do casco, os valores previamente utilizados,

resultantes de uma média dos coeficientes de forma de outros VENT-Sup, foram substituídos por novos valores, otimizados através de uma análise paramétrica (Rawson & Tupper, 2001). Programando esta folha de cálculo com o método de previsão de potência, é possível otimizar parametricamente (*parametric survey*) as dimensões da plataforma de modo a encontrar os coeficientes de forma que garantem o deslocamento e volume necessário com a mínima potência requerida para as velocidades praticadas. Esta análise foi realizada utilizando ferramentas de análise de dados que permitiram otimizar as dimensões e coeficientes de forma do veículo.

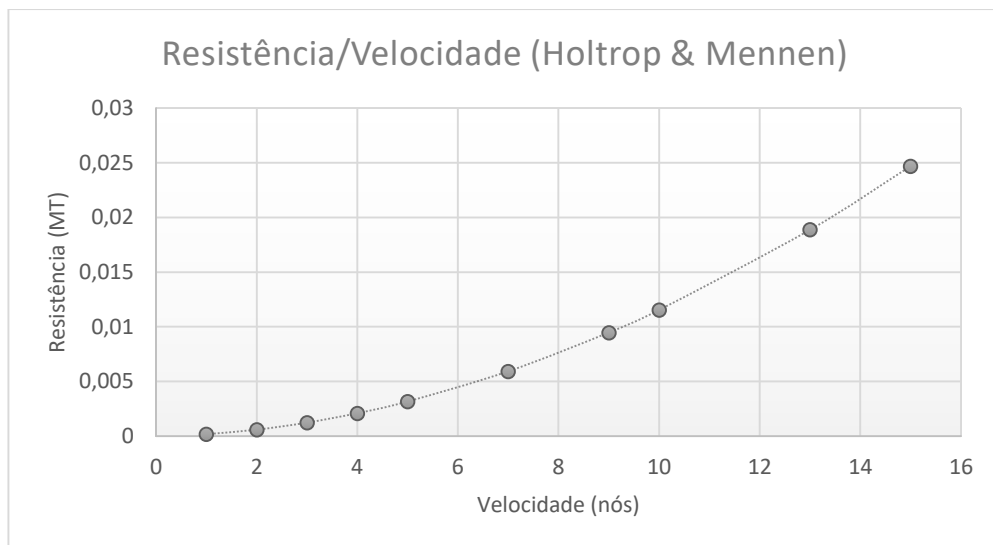


Gráfico 1: Gráfico Velocidade – Resistência para o VENT-Sup EN

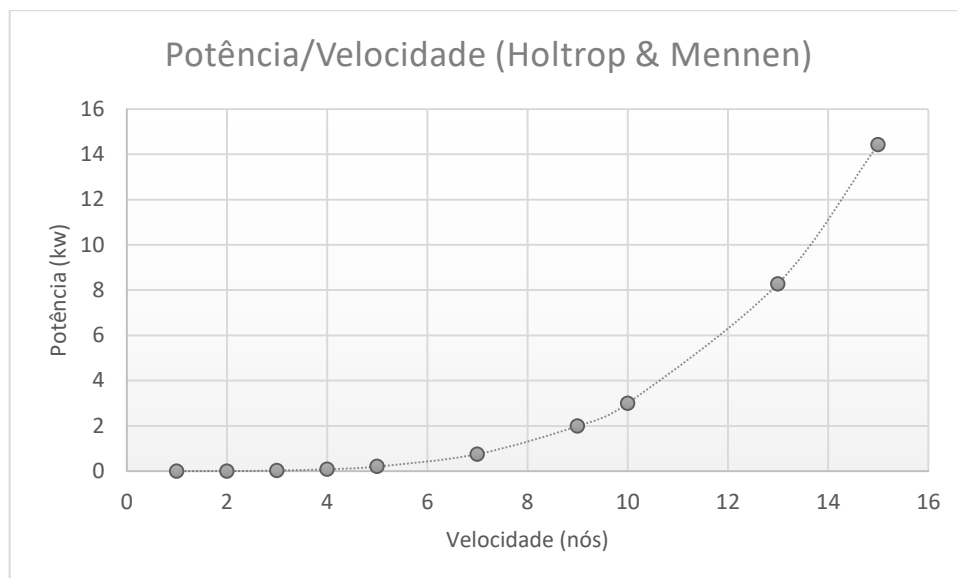


Gráfico 2: Gráfico de Velocidade – Potência para o VENT-Sup EN

Comparando os nossos resultados com resultados obtidos por outros investigadores e por ensaios com navios reais com cascos de deslocamento, verificamos que os resultados obtidos são congruentes com o que é espetável para este tipo de cascos.

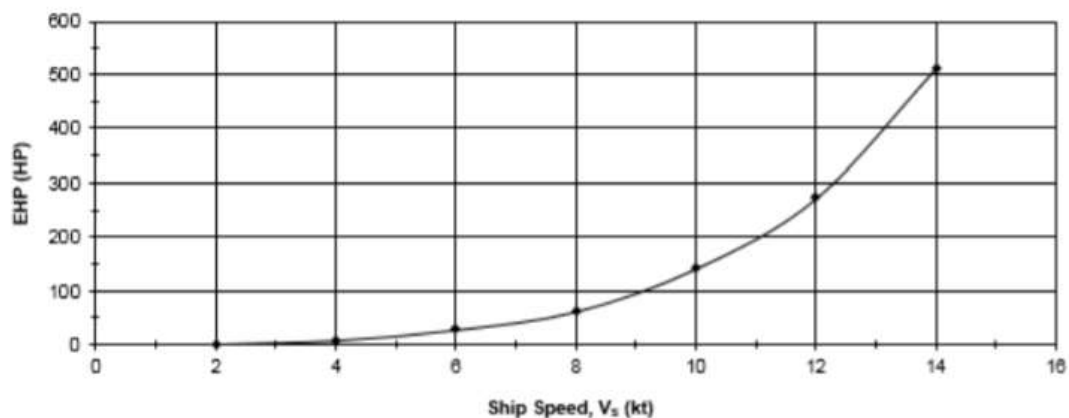


Gráfico 3: Gráfico Velocidade – Potência para um navio YP da Marinha Norte Americana (USNA, 2009)

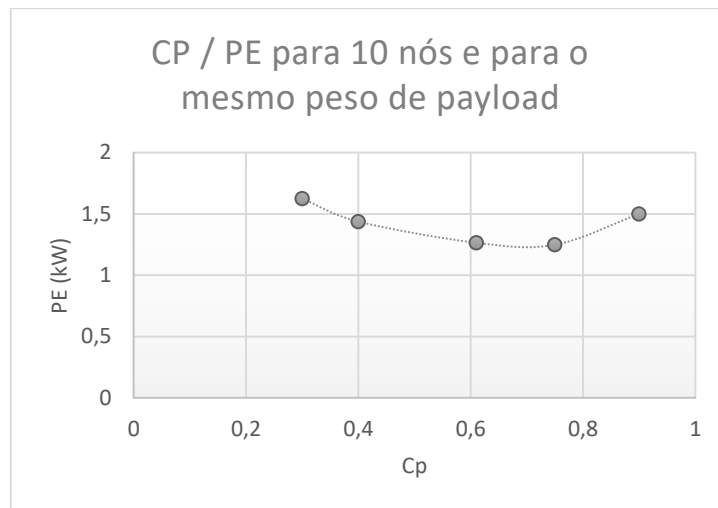


Gráfico 4: Variação da potência efetiva requerida, para um dado *Payload*, com o coeficiente prismático

Ao realizar uma análise paramétrica, as variáveis independentes são obtidas através da variação entre limites inferiores e superiores assumidos para as variáveis. Conquanto, isto requer um tempo de computação significativo quando o número de variáveis independentes é elevado, como é o caso. Alternativamente, utilizando métodos de otimização, as variáveis independentes são obtidas através de um algoritmo de otimização. Através deste tipo de métodos, seria possível obter uma solução mais precisa e rápida. No entanto, este tipo de métodos só forneceria informações relativamente ao ponto ótimo se métodos de objetivo único forem utilizados. Métodos multi-objetivo ou híbridos poderiam também ter sido utilizados (Ventura, 2019). Apesar disto, tendo o facto desta otimização ser apenas uma primeira iteração em conjunto com as restrições de tempo para o projeto, foram escolhidos métodos de otimização paramétrica para este estudo inicial.

Estes coeficientes de forma e dimensões estimadas serão posteriormente utilizados para os primeiros modelos geométricos do VENT-Sup EN, permitindo assim ter uma perspetiva inicial da forma da plataforma que será depois ainda otimizada em software CAD.

Os resultados obtidos para as dimensões e potência necessária para cumprir com os requisitos de velocidade do VENT-Sup EN foram:

<i>L – Comprimento</i>	3.467 m
<i>T – Calado</i>	0.31768 m
<i>B – Boca (um casco)</i>	0.3485 m
<i>Δ – Deslocamento</i>	0.36754 ton
<i>C_p – Coeficiente Prismático</i>	0.689
<i>C_w – Coeficiente de Área de Flutuação</i>	0.9872
<i>C_B – Coeficiente de Finura Total</i>	0.48793
<i>k_B – Length/Displacement Ratio</i>	5.886
<i>R_T – Resistência Total (2 nós)</i>	2.09×10^{-4} ton
<i>R_T – Resistência Total (5 nós)</i>	1.25×10^{-3} ton
<i>R_T – Resistência Total (10 nós)</i>	0.0452 ton
<i>P_E – Potência Efetiva (2 nós)</i>	0.022 kW
<i>P_E – Potência Efetiva (5 nós)</i>	0.408 kW
<i>P_E – Potência Efetiva (10 nós)</i>	2.994 kW

Tabela 8: Resultados da estimativa de potência inicial

Verificamos também que os coeficientes de forma otimizados, bem como as dimensões do VENT-Sup EN, encontram-se bastante próximos do que foi inicialmente previsto na fase de dimensionamento inicial com base em outros veículos de superfície.

6.3 Modelação geométrica (iterações iniciais)

Obtendo uma estimativa das dimensões para o VENT-Sup e uma previsão da potência necessária, o processo anterior é revisto, reiterando determinados cálculos e análises quando necessário, até serem obtidas dimensões desejáveis com uma previsão inicial de todos os equipamentos da plataforma, instalação propulsora e baterias.

Com estas dimensões e parâmetros é modelado o casco em software 3D, o que permitirá verificar todos os resultados anteriormente obtidos no dimensionamento inicial bem como obter novas estimativas para a potência e estabilidade do meio naval projetado.

Desenvolvemos então um primeiro modelo geométrico do nosso casco tendo em conta as dimensões e parâmetros de forma obtidos nas fases anteriores do projeto. Para tal recorremos ao software *DELFTShip*[®], um programa CAE criado especificamente este efeito.

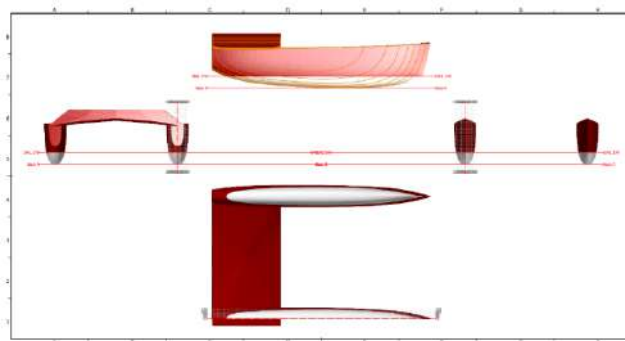


Figura 19: Primeiro modelo geométrico do casco do VENT-Sup EN

Com auxílio deste software foram feitas previsões iniciais de potência e estabilidade. Conquanto, os métodos de previsão de potência do *DELFTShip*[®] apenas permitem a previsão de potência do veículo até aos 5.5 (*Delft Series '98*) e 4 nós (*KAPER*) de velocidade devido a restrições impostas pelo *software* associadas a um intervalo de valores permissível do número de Froude considerado pelo *DELFTShip*[®].

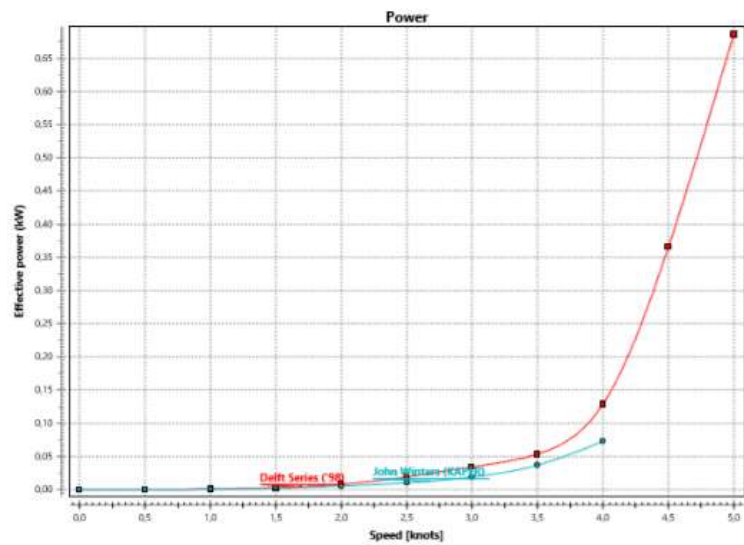
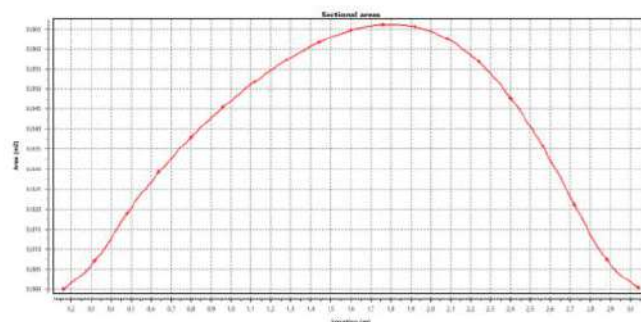
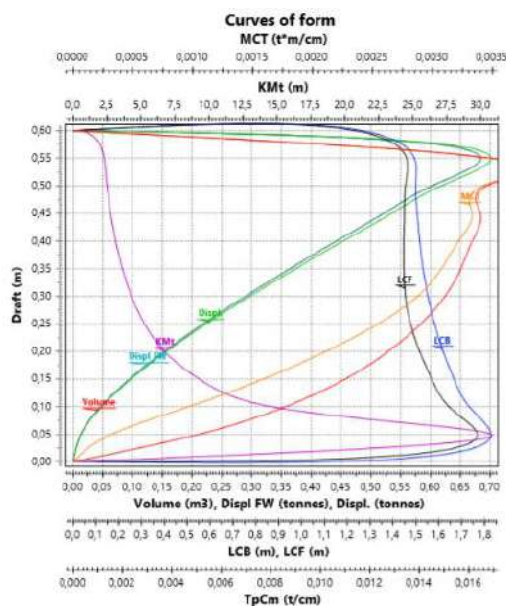


Gráfico 5: Previsão de potência para o primeiro modelo do VENT-SUP EN



Gráficos 6 e 7: Análise Hidrostática inicial para o primeiro modelo do VENT-Sup EN

Deparamo-nos com uma série de questões a investigar com o nosso novo modelo, muitas delas reveladas agora por cálculos realizados pelo software, nomeadamente:

- A superestrutura do VENT-Sup está colocada demasiado a ré e é desnecessariamente espessa;
- A proa do navio, com elevado tosado, poderá dificultar a implementação de superestruturas e equipamentos. Além disso, pode tornar o meio propenso a acelerações verticais;
- LCB (posição longitudinal do centro de impulsão) e LCG (posição longitudinal do centro de gravidade) ainda não se encontram na mesma vertical;
- A boca do VENT-Sup possível de otimização. Este tem 3.9 metros de boca e 8 metros de altura metacêntrica, o que pode contribuir para um comportamento demasiado "rijo" em balanço da plataforma;

Por forma a solucionar estes problemas e melhorar o projeto existente, desenvolvemos um segundo modelo geométrico. Neste a superestrutura foi deslocada para meio navio e o LCB e o LCG estão na mesma vertical.

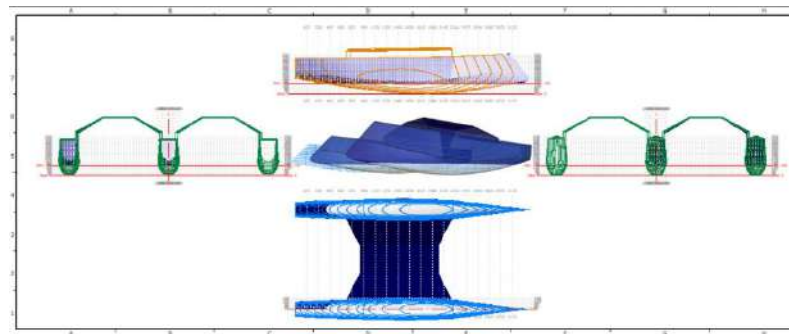


Figura 20: Segundo modelo geométrico do casco do VENT-Sup EN

Além disto, a proa foi alterada para uma proa vertical por forma a reduzir as acelerações verticais da plataforma (dado o embarque de água não ser problemático visto o VENT-Sup não ser tripulado). Este modelo necessita também de menos potência efetiva do que o anterior para praticar as mesmas velocidades.

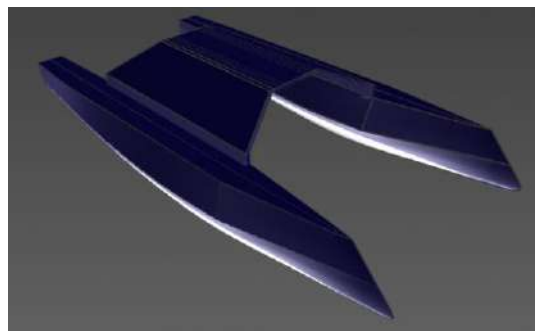


Figura 21: Perspetiva do segundo modelo geométrico do casco do VENT-Sup EN

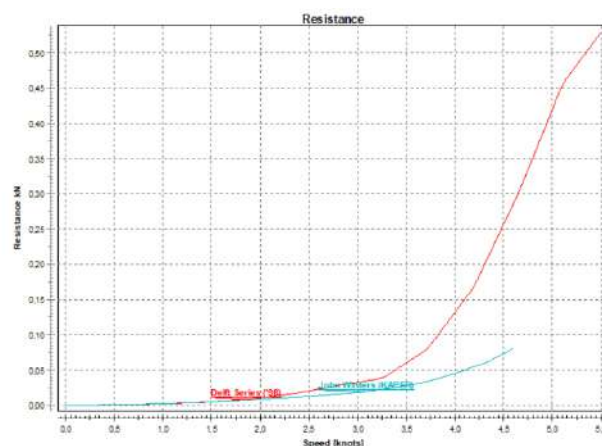


Gráfico 8: Previsão de potência para o segundo modelo do VENT-Sup EN

6.3.1 Previsão de Potência (Comparação entre métodos utilizados)

O *DELFTShip*[®] utiliza como modelos de previsão de potência os métodos de *John Winters* (KAPER) e o *Delft Series '98*. Imediatamente após obtermos os resultados da previsão de potência utilizando estes métodos, observamos a existência de um desfasamento entre os resultados destes e os obtidos utilizando o método de *Holtrop & Mennen* (Holtrop, 1988).

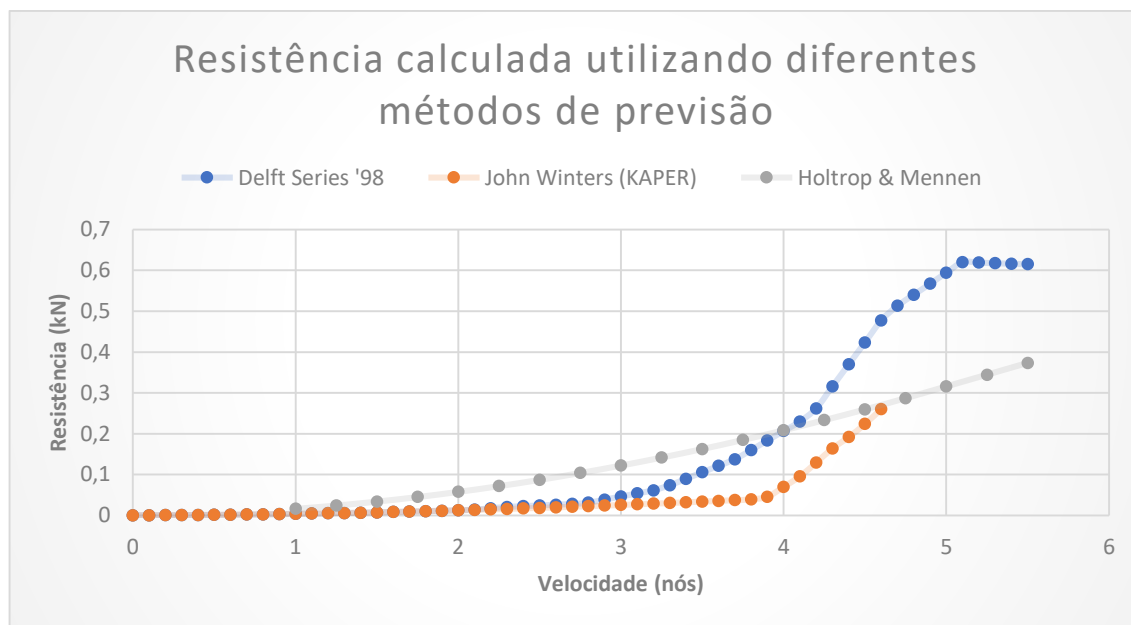


Gráfico 9: Comparação entre os resultados obtidos pelos três diferentes métodos de previsão de potência utilizados (entre os 0 e os 5.5 nós)

Até aos 4 nós, utilizando a folha de cálculo com *Holtrop & Mennen*, obtemos valores de resistência superiores aos estimados pelos restantes métodos. Após este valor, o método *Delft Series '98* retorna valores de resistência superiores aos obtidos pelo método de *Holtrop & Mennen*. Isto deve-se ao facto de todos estes métodos terem por base a análise estatística de uma base de dados de embarcações ou navios para posteriormente prever valores de resistência e potência para a plataforma a projetar. O método *Delft Series '98* teve por base uma série de testes no tanque de arquitetura naval da *Delft University of Technology*. Este método é idealizado para a previsão de potência de iates com quilhas lastradas (*fin keeled yachts*), como tal não é o método ideal para a previsão de potência do VENT-Sup EN. O método de *John Winters* (KAPER) foi por sua vez feito para uso com canoas e kayaks, sendo baseado em dados estatísticos de testes com modelos em tanque de arquitetura naval. No

entanto, o intervalo de valores permissíveis do coeficiente prismático para este método (0.48-0.64) fazem com este método não seja ideal para o caso do VENT-Sup EN ($C_p = 0.689$). Por outro lado, o método de *Holtrop & Mennen (1988)*, utiliza uma base de dados de 334 modelos e dados de escala real da *Netherlands Ship Model Basin*. Este foi posteriormente adaptado para estender a sua aplicação a veículos com parâmetros de forma pouco convencionais bem como em 1988 para também incluir plataformas com valores de L/B baixos e coeficientes de finura total elevados. A flexibilidade, bem como a precisão das estimativas de potência obtidas, são características deste método (Moody, 1996). Como tal, e tendo em consideração os parâmetros de forma e dimensões do VENT-Sup EN, optou-se por utilizar os resultados obtidos com o método de *Holtrop & Mennen (Holtrop, 1988)* para posteriormente escolher a propulsão do veículo.

7. Projeto Detalhado

7.1 Escolha do Sistema de Propulsão

Tendo o modelo geométrico do VENT-Sup EN definido, e uma estimativa de potência efetuada, conseguimos então escolher uma instalação propulsora. A instalação propulsora do VENT-Sup EN deverá ser capaz de fornecer uma potência efetiva superior a 2.994 kW de modo a que este alcance os 10 nós de velocidade máxima previstos nos requisitos iniciais.

Por forma a reduzir ao mínimo o custo do primeiro protótipo do VENT-Sup EN foram escolhidos motores que já se encontravam na posse da Escola Naval (dois motores Torqueado Cruise 2.0R).



Figura 22: Torqueado Cruise 2.0R e bateria de 12V UPG 85980/D5722 (Torqueado, 2019) (UPG - Amazon, 2019)

Cada um destes tem um peso de 15,3 kg, sem incluir o peso das duas baterias de 12 V que alimentam cada motor (10,3kg cada). No entanto, a potência destes motores encontra-se sobredimensionada para o VENT-Sup EN (potência útil equivalente: 7,44 kW – velocidade espectável (Holtrop & Mennen): 13 nós). Apesar disto, com a utilização destes motores era evitado um acréscimo de 40% no custo total do projeto associado à aquisição de uma instalação propulsora equivalente no mercado.

Tendo escolhido motores fora de bordo para o efeito, foi também necessário projetar um painel de popa em *DELFTShip*[®] para permitir o apoio de cada motor.

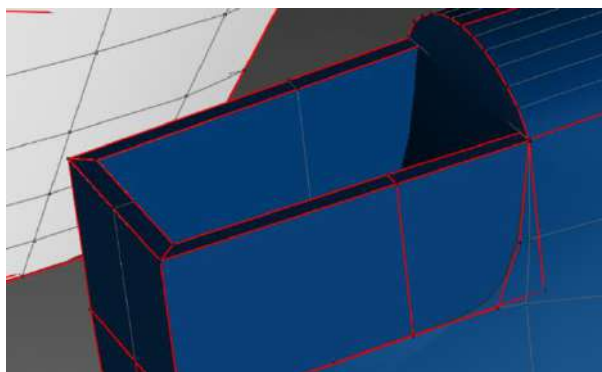


Figura 23: Painel de Popa do VENT-Sup EN

7.2 Escolha de material

A escolha do material a ser utilizado para a construção do veículo, é uma decisão de elevada importância no decorrer do projeto naval devido à influência que esta tem em todas as restantes fases. O material escolhido, devido à natureza das missões a desempenhar pelo VENT-Sup EN, deverá ser dotado de uma elevada resistência à corrosão em ambientes marítimos, deverá ter uma boa resistência ao impacto e deverá ser o mais leve o quanto possível. Existem vários materiais capazes de satisfazer estes requisitos, no entanto, os mais usualmente observados em veículos não-tripulados de dimensões semelhantes às esperadas para o VENT-Sup EN são os polímeros reforçados com fibra de vidro (GFRP – Glass Fiber Reinforced Plastic) e o alumínio.

Como tal, o alumínio e os materiais GFRP foram considerações imediatas, sendo os materiais mais usualmente utilizados em projetos semelhantes (Neves, 2009). No entanto, após várias reuniões com a Arsenal do Alfeite, S.A. averiguamos que estes tinham um elevado *know-how* na área de materiais compósitos. Este facto vem em resultado da atual construção da segunda versão das lanchas da classe *Vigilante* para o *Instituto de Socorro a Náufragos* (ISN). Devido a este facto, optamos pela construção dos cascos do VENT-Sup EN em material GFRP nas instalações da Arsenal do Alfeite, S.A., na secção de compósitos, e da plataforma central do veículo em alumínio, na secção de construção naval.



Figura 24: Lanchas classe “Vigilante” em construção na Arsenal do Alfeite, S.A. (www.arsenal-alfeite.pt)

Devido às dimensões do VENT-Sup EN, em vez de optarmos por uma construção dos cascos em *sandwich*, como é o caso das lanchas da classe *Vigilante*, optamos por utilizar uma estrutura monolítica em fibra de vidro com reforços localizados em *sandwich*. Por outro lado, a plataforma central, de forma a permitir alterações futuras nesta bem como devido ao facto de esta estar sujeita às maiores forças, será construída em alumínio, com reforços localizados segundo zonas de concentração de tensões neste. A união entre as componentes de alumínio com as componentes em compósito será feita através de uniões roscadas estanques, dimensionadas por forma a que o nível de tensões de corte e tração em cada união sejam residuais. O mastro do veículo será por sua vez também construído em alumínio, por forma a facilitar alterações futuras na sua estrutura.

7.3 Estabilidade Direcional

Devido às suas dimensões reduzidas e por forma a minimizar gastos de energia resultante de correções de rumo e consequentemente maximizar a autonomia da plataforma, a estabilidade direcional do VENT-Sup EN foi tida em consideração. Esta também é de especial relevância tendo em conta o tipo de missões a desempenhas pelo VENT-Sup (em particular as missões de levantamento hidrográfico e reconhecimento portuário).

Após análise hidrostática do modelo inicialmente desenhado em *DelftShip*[®] do VENT-Sup EN verificamos que o centro de pressão lateral (CPL) do veículo se situava a vante do centro de gravidade deste. Como tal, seria provável que o VENT-Sup EN seria

direccionalmente instável. Para garantir a posição do CPL de acordo com estas considerações, foi adicionado um *skeg* a cada casco para deslocar o CPL para ré do centro de gravidade da plataforma (Rawson & Tupper, 2001).

Estes foram inicialmente modelados em *DELFTShip*[®], onde obtemos a alteração que estes geram na posição do CPL e LCG do VENT-Sup. Como pretendemos que estes *skegs* sejam removíveis para efeitos de facilitar o transporte do VENT-Sup, optamos por encaixes destes aos cascos semelhantes ao encaixe roscado de uma *fin* de uma prancha de *windsurf*. Para tal, também recorremos ao *SolidWorks*[®] desenhando uma superfície plana de contacto entre o *skeg* e o casco de forma a que este seja facilmente montado e desmontado pelos operadores do veículo. Para a ligação dos *skegs* aos cascos, seria posteriormente utilizada uma rosca de união enfraquecida. Tal permitiria com que, em caso de impacto nos *skegs*, qualquer cedência ou fissura fosse localizada nesta, salvaguardando ambos os cascos de eventuais danos. Considerando que os *skegs* seriam posteriormente construídos a partir de uma placa monolítica de material GFRP, o seu custo de produção seria significativamente reduzido quando comparado com o custo de reparação dos cascos. Além disto, esta decisão de design salvaguardaria também a estanqueidade do veículo em caso de impacto.

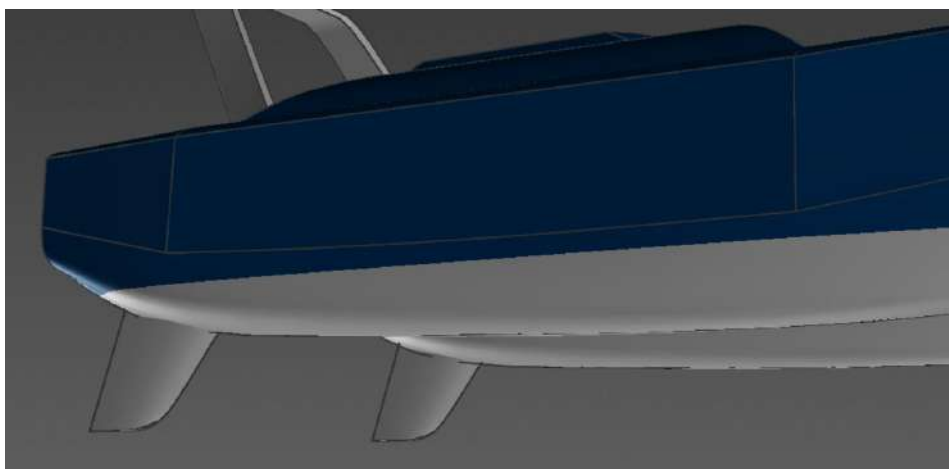


Figura 25: Modelo final dos *skegs* do VENT-Sup EN

7.4 Distribuição de Pesos e Análise de Estabilidade

Nesta fase do projeto temos não só o formato dos cascos do veículo como também os vários conjuntos de equipamentos e *payloads* a transportar pelo VENT-Sup EN, incluindo o sistema de propulsão, bem definidos (NATO, 2010).

Conseguimos assim simular em *DELFTShip*[®] a distribuição de pesos ao longo do veículo. Para tal, e por forma a analisar as condições mais críticas de operação do veículo para o seu projeto, foram consideradas as condições de *payload* mais exigentes para as seguintes análises. Esta metodologia foi adotada por forma a garantir a segurança de operação do veículo em todas as condições, mesmo as mais exigentes, que este poderá enfrentar no seu ciclo operacional.

Os vários pesos foram então distribuídos ao longo do VENT-Sup por forma a garantir um caimento e adornamento nulos e um calado inferior a 40% do pontal dos cascos (Rawson & Tupper, 2001), quando equipado com o *payload* mais pesado dos perfis de missão definidos (que será o levantamento hidrográfico – 40kg) acrescentado de um operador humano de 80kg.

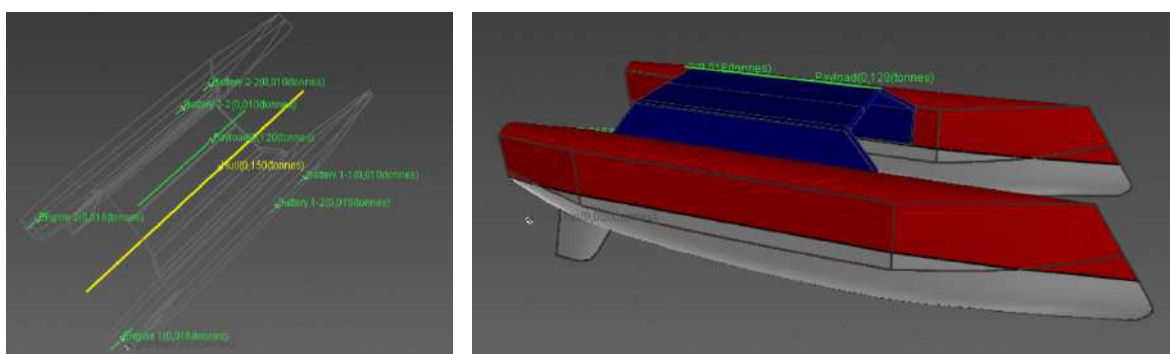


Figura 26: Distribuição de pesos no VENT-Sup EN e calado resultante

Description	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Aft (m)	Forward (m)
Lightship	0,000	0,000	0,000 (CL)	0,000	0,000	0,000
Engine 1	0,016	0,100	0,000 (CL)	0,525	0,000	0,200
Engine 2	0,016	0,100	1,200 (PS)	0,525	0,000	0,200
Battery 1-1	0,010	2,200	-0,090 (SB)	0,200	2,100	2,300
Battery 2-2	0,010	2,200	1,290 (PS)	0,200	2,100	2,300
Hull	0,150	1,700	0,600 (PS)	0,025	0,000	3,000
Payload	0,120	1,600	0,600 (PS)	0,800	0,800	2,000
Battery 2-2	0,010	1,800	1,290 (PS)	0,200	1,700	1,900
Battery 1-2	0,010	1,800	-0,090 (SB)	0,200	1,700	1,900

Tabela 9: Lista de pesos e respetiva distribuição no VENT-Sup EN

Com a distribuição de pesos realizada, conseguimos proceder à análise de estabilidade do VENT-Sup. Nesta utilizamos critérios para multi-cascos da *Maritime and Coastguard Agency (MCA)* (MCA, 2014) por forma a avaliar a estabilidade da plataforma.

Com base nos resultados obtidos para a análise de estabilidade inicial, foram seguidamente realizadas ligeiras alterações ao formato do casco e à distribuição de pesos por forma a que a plataforma cumpra com todos os requisitos para as várias condições de carregamento espectáveis.

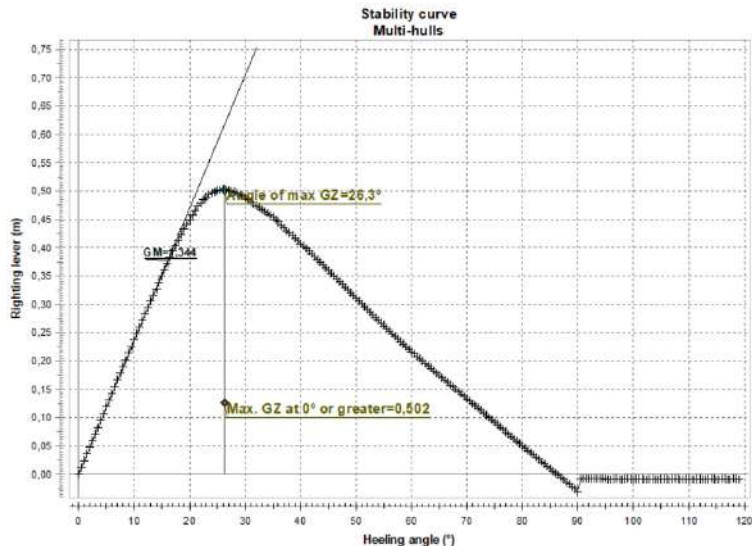


Gráfico 10: Curva de estabilidade do VENT-Sup EN para um payload de 120kg

Evaluation of criteria				
Multi-hulls				
Multi-hull motor vessels				
Description	Attained value	Criterion	Required value	Complies
Area 0° - 30° / Angle of Max GZ	0,1351 (mrad)	> =	0,0623 (mrad)	YES
Angle of max GZ	26,3 (Degr.)			
Calculated angle	26,3 (Degr.)			
Area 30° - 40°	0,0787 (mrad)	> =	0,0300 (mrad)	YES
Max. GZ at 0° or greater	0,502 (m)	> =	0,200 (m)	YES
Lower angle	0,0 (Degr.)			
Upper angle	26,5 (Degr.)			
Angle of max GZ	26,3 (Degr.)	> =	20,0 (Degr.)	YES
Initial metacentric height	1,344 (m)	> =	0,150 (m)	YES
The condition complies with the stability criteria				

Tabela 10: Comparação dos resultados do VENT-Sup EN com critérios da MCA para multi-cascos

Obtivemos no final desta análise resultados muito favoráveis para o VENT-Sup após subseqüentes alterações, verificando que este cumpria de forma muito satisfatória com todos os critérios de estabilidade da MCA.

7.5 Resistência estrutural dos cascos (*Águas Calmas*)

Com os pesos distribuídos ao longo do veículo conseguimos agora proceder para uma previsão das forças aplicadas neste em condições de águas calmas.

Utilizando o *DELFTShip*[®], conseguimos recorrer às áreas seccionais imersas do casco para obter a impulsão ao longo do seu comprimento bem como a distribuição longitudinal do peso do veículo, obtendo um gráfico da carga resultante aplicada nos cascos em função da distância da perpendicular a ré. Conseguimos também agora obter a função da força de corte e momento fletor ao longo do veículo.

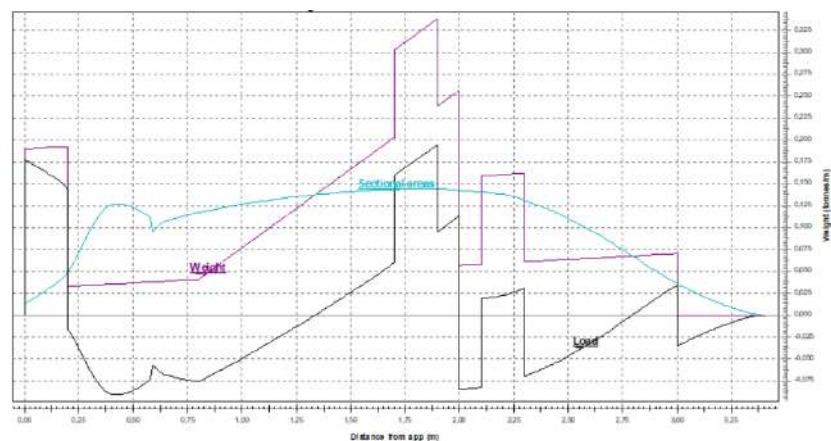
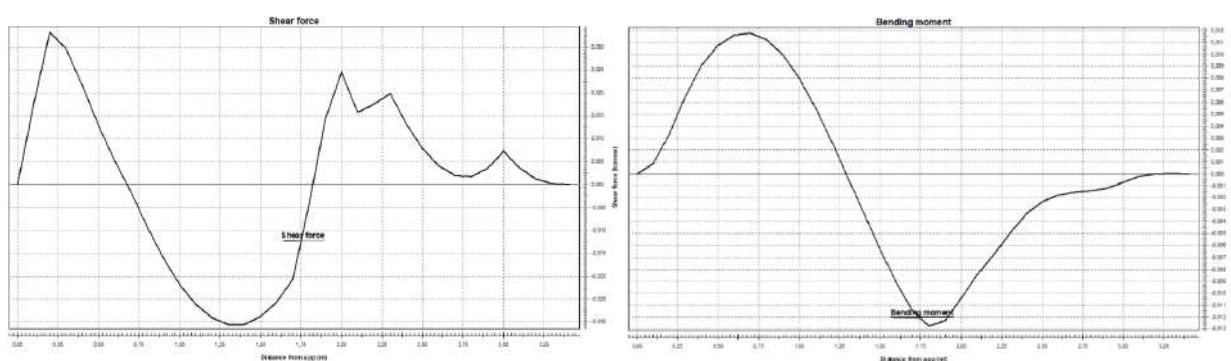


Gráfico 11: Distribuição longitudinal de peso, área de cada secção imersa e carga resultante aplicada nos cascos (DELFTShip®)



Gráficos 12 e 13: Distribuição da força de corte (Shear Force) e momento fletor (Bending Moment) ao longo do VENT-Sup (DELFTShip®)

Mean moulded draft	0,309 (m)	Trim	0,002 (m)
Displacement	0,342 (tonnes)	GM	1,344 (m)
Minimum shearforce	-0,031 (tonnes)	Distance from app	1,340 (m)
Maximum shearforce	0,032 (tonnes)	Distance from app	0,200 (m)
Maximum sagging moment	-0,014 (t*m)	Distance from app	1,820 (m)
Maximum hogging moment	0,011 (t*m)	Distance from app	0,660 (m)

Tabela 11: Resumo e resultados mais relevantes da análise anterior

Com estes resultados em mente procedemos ao desenvolvimento de uma folha de cálculo que nos permita:

- 1) Importar a secção mestra do veículo a partir do *DELFTShip*®;
- 2) Determinar a espessura mínima da parede dos cascos para diferentes materiais com base nos resultados obtidos anteriormente;

- 3) Prever graficamente a secção do casco e equipamentos colocados no seu interior para averiguar se estes efetivamente cabem no interior do veículo para a espessura de casco determinada;

Começamos por importar as coordenadas dos vários pontos que definem a secção mestra do veículo a partir do *DELFTShip*®. Estas são tabeladas e é feito o cálculo do ângulo entre as várias arestas da secção.

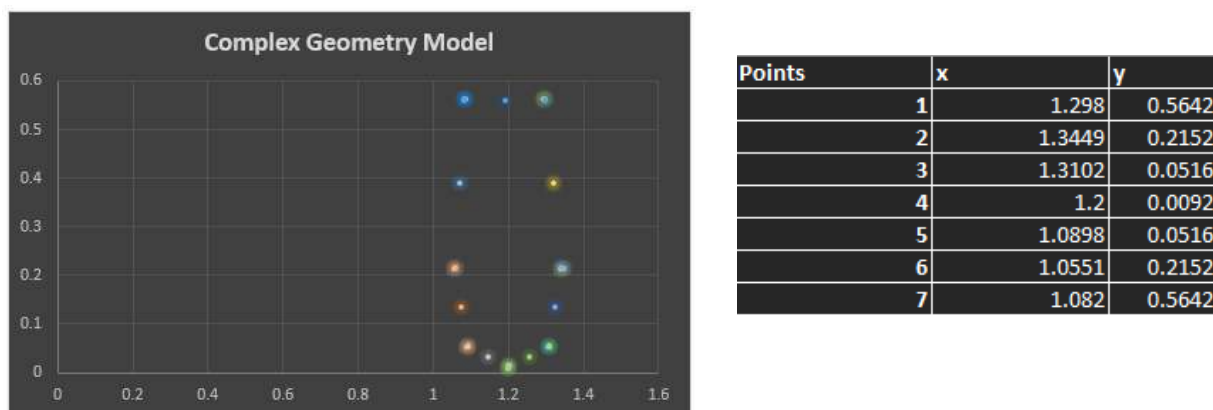


Figura 27: Face exterior da secção mestra e 7 primeiras coordenadas desta

Seguidamente é criada uma célula para as várias espessuras do casco que por sua vez nos permite em conjunto com os ângulos de direção das várias faces gerar as coordenadas interiores da secção mestra. Este método, no seu cerne, simplifica a secção do casco em vários retângulos com uma aresta exterior coincidente com a face exterior da superfície importada do *DELFTShip*®, os quais, consoante a espessura especificada, se expandem para o interior do casco gerando novas arestas paralelas à face exterior do veículo.

Thickness (t)		0.005	
Direction Angles	Rectangle 1	1.493871	85.63592
	Rectangle 2	-4.50338	-258.025
	Rectangle 3	-3.50889	-201.044
	Rectangle 1'	-4.63546	-265.593
	Rectangle 2'	1.361791	78.02488
	Rectangle 3'	0.367295	21.04448

Rectangle 1			
Corners	x	y	
	1	1.082	0.5642
	2	1.0551	0.2152
	3	1.086985214	0.563816
	4	1.060085214	0.214816
Center		1.071042607	0.389508

Rectangle 2			
Corners	x	y	
	1	1.0551	0.2152
	2	1.0898	0.0516
	3	1.059991189	0.216237
	4	1.094691189	0.052637
Center		1.074895595	0.133919

Figura 28: Cálculo de ângulos de direção e das coordenadas dos dois primeiros retângulos

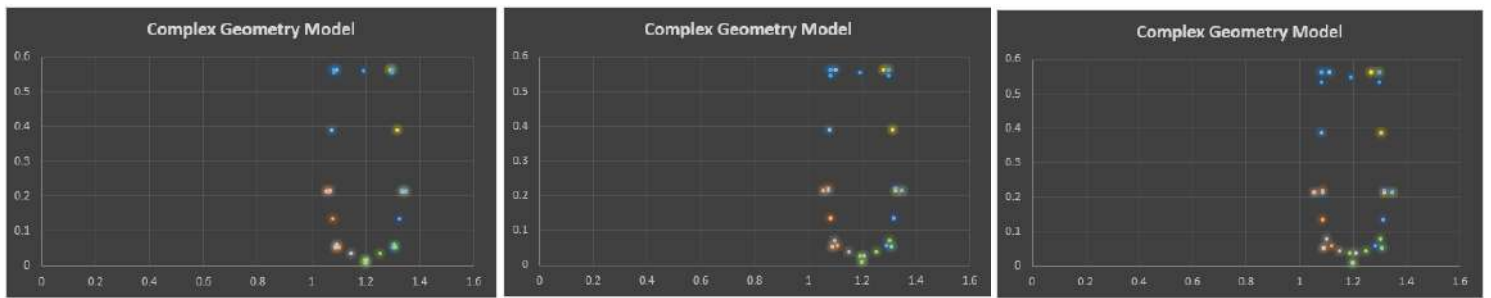


Figura 29: Coordenadas dos pontos interiores e exteriores da secção mestra gerados para espessuras de 1cm, 2cm, e 3cm respetivamente

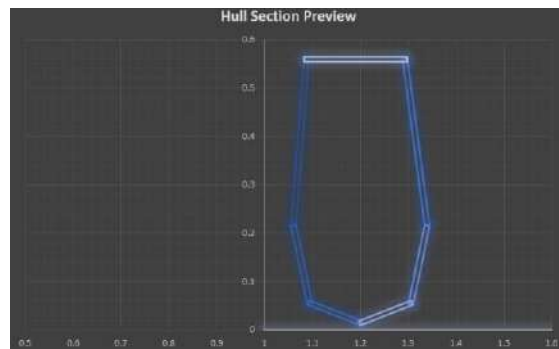


Figura 30: Previsão da secção do casco para uma espessura de 1cm

Seguidamente são determinados os vários momentos de inércia para cada retângulo gerado, segundo um ponto de referência coincidente com o centro do retângulo do convés do VENT-Sup para a espessura especificada.

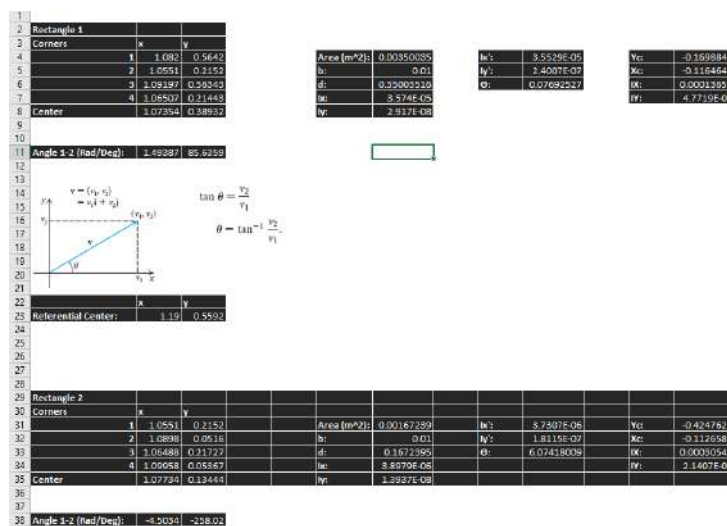


Figura 31: Cálculo dos momentos de inércia para cada retângulo gerado

Cada casco é considerado como uma viga e, para um valor máximo de momento fletor e força de corte importados do *DELFTShip*, são determinadas os valores de $\sigma_{m\acute{a}x}$ e $\tau_{m\acute{a}x}$ (ton/m^2) sentidos na secção mestra para a espessura inserida. Para um dado material (neste caso a fibra de vidro) são determinados valores permissíveis para estas tensões, sendo estes multiplicados por um fator de segurança igual ou superior a 3 (Chalmers, 1993). Finalmente são utilizados suplementos do *Microsoft Excel* de análise de dados para determinar automaticamente qual a espessura para a qual os valores máximos das tensões obtidos são iguais aos valores permissíveis para o dado material. (No caso da fibra de vidro isto corresponderia a uma espessura de 0.004357519 m). Esta espessura obtida seria posteriormente arredondada por excesso à espessura de 0.5 cm por forma a facilitar a análise estrutural em elementos finitos do veículo bem como a sua futura construção.

1	Is (total):	0.000682994
2	Iy (total):	6.98763E-05
3		
4		
5	Neutral Axis:	Xn =
6		Yn = -0.26167
7		
8	Max Bending Moment (t*m):	M = 0.012
9	Max Shear Force (t):	V = -0.05
10		
11	Máx. Distance from Neutral Axis:	yo = 0.201147
12		
13		$\sigma_{m\acute{a}x} (ton/m^2) = 49.99934$
14		
15		$\tau_{m\acute{a}x} (ton/m^2) = -11.5771$
16		
17		
18		
19		
20		$\sigma_{allowable} (ton/m^2) = 49.9993$
21		
22		$\tau_{allowable} (ton/m^2) = 50$
23		

Figura 32: Cálculo de tensões permissíveis para a fibra de vidro e das tensões máximas na secção mestra do VENT-Sup

Finalmente, é feita a previsão final da secção mestra, sendo também tabeladas e representadas graficamente as secções de determinados equipamentos para verificar se os cascos terão espaço interior para os receber ou não. Com esta análise verificamos que para a espessura de 0.5 cm para o casco do VENT-Sup EN, é possível equipar todos os equipamentos previstos para o interior dos cascos. Sendo de especial relevâncias as quatro baterias de 12V UPG 85980/D5722, que serão o maior equipamento previsto a equipar no interior dos cascos.

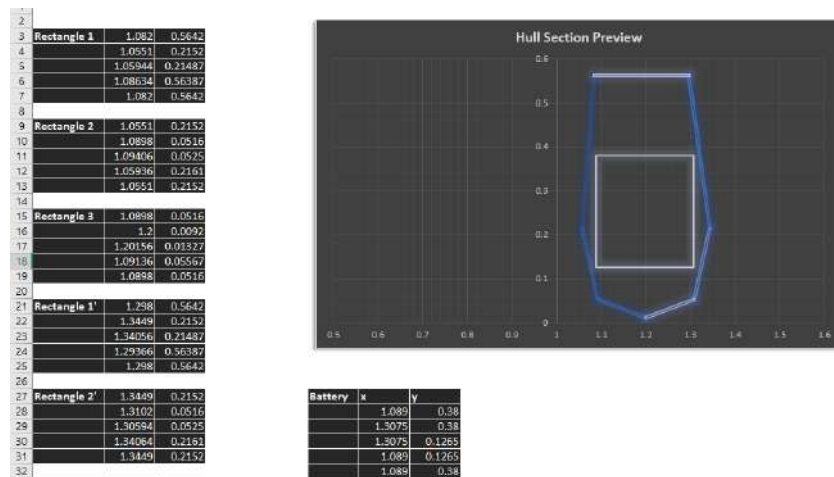


Figura 33: Previsão da secção do casco para a fibra de vidro e com uma bateria de 24V no seu interior

7.6 Resistência estrutural dos cascos (*Non-Stillwater*)

Apesar de ser espectável o VENT-Sup EN operar maioritariamente em águas interiores e em condições semelhantes às de águas calmas, estas não são as condições mais preocupantes que o veículo de superfície pode eventualmente encontrar. Várias condições de altura e comprimento de onda podem causar diferentes apoios dos cascos, o que se torna particularmente preocupante no caso de um casco do tipo catamaran. Torna-se então importante estudar o comportamento estrutural do veículo nas diferentes condições de apoio geradas pela ondulação.

Neste sentido foram identificadas 5 condições críticas de apoio distintas para diferentes condições de ondulação (*sagging*, *hogging*, *transverse split force*, *pitch connecting moment*, *transverse racking*) (Faltinsen, 2005).

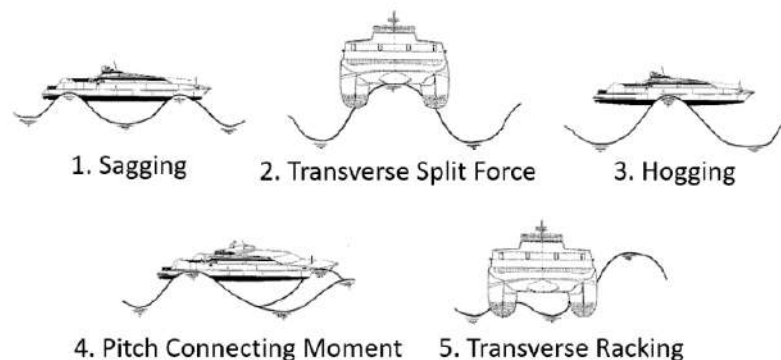


Figura 34: Condições críticas de ondulação para um casco do tipo catamaran (Adaptado de: (Strand7, 2019))

O software utilizado para o desenho do casco (*DELFTShip*[®]) não tem qualquer funcionalidade dedicada ao cálculo de cargas aplicadas no casco em condições *non-stillwater*. Como tal, foi necessário encontrar métodos alternativos para estudarmos o comportamento estrutural da plataforma nestas condições.

Um método puramente analítico seria demasiado trabalhoso devido á forma complexa e variável do casco bem como da sua secção. Como tal, recorreremos a *software* específico para realizar uma análise em elementos finitos do efeito que várias condições de ondulação têm no casco. O *software* utilizado para o efeito foi o *SolidWorks*[®] com o *add-on Simulation*[®].

No entanto, antes de conseguir fazer tal, temos que importar os ficheiros do *DELFTShip*[®] para o *SolidWorks*[®], o que por sua vez já é um processo complexo. Para tal, foi necessário exportar o desenho feito em *DELFTShip*[®] do VENT-Sup sob a forma de uma superfície em formato *.stl*. Seguidamente, recorreremos ao *software ANSYS*[®] por forma a reparar e simplificar onde possível a *mesh* importada do *DELFTShip*[®]. Finalmente, torna-se possível importar o ficheiro de superfície para o *SolidWorks*[®] e utilizá-lo para construir um sólido com o formato do casco.

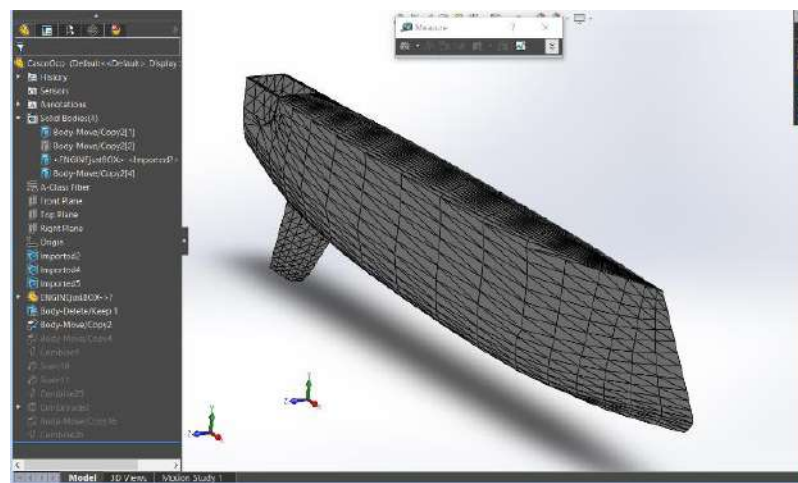


Figura 35: Um dos cascos importado para o SolidWorks

Seguidamente, definimos as condições de apoio para várias condições de ondulação utilizando o add-on *Wave Animation*[®] do *DELFTShip*[®].

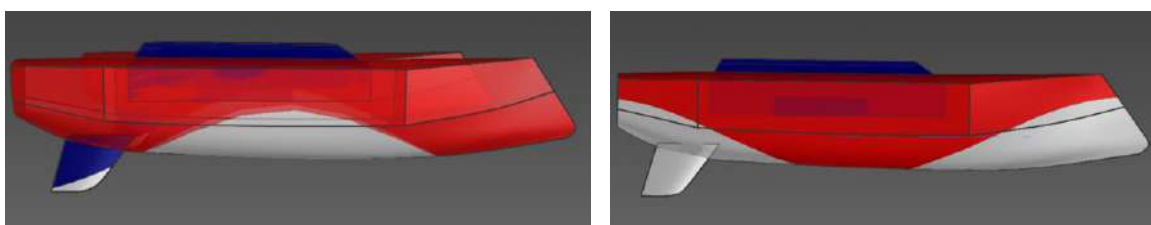


Figura 36: Exemplo para casos de tosamento e alquebramento

Utilizamos estas simulações de condições de ondulação para posteriormente definir apoios no nosso modelo em *SolidWorks*[®].

Iniciamos a análise em elementos finitos em *SolidWorks*[®] realizando um *assembly* da estrutura em alumínio, dimensionada inicialmente para uma chapa de 5mm (espessura obtida iterativamente em análises em elementos finitos), com os dois cascos em fibra com uma espessura de 5mm (espessura determinada no capítulo anterior). Seguidamente é definida uma *mesh* para o *assembly*, são definidos os vários apoios segundo as condições de ondulação críticas expressas anteriormente, é atribuído um valor para a gravidade do ambiente simulado e finalmente são distribuídos os vários pesos ao longo do VENT-Sup para uma condição de *payload* máxima.

Finalmente, efetuamos a simulação e com esta conseguimos observar as condições mais críticas para o VENT-Sup, o seu comportamento estrutural para as diferentes condições

de ondulação, onde se encontram acumuladas as tensões no veículo e se temos de realizar quaisquer alterações ao veículo. Foram realizados estudos para todas as 5 condições de ondulação preocupantes.

Com esta análise verificamos que a condição mais preocupante é a de *pitch connecting moment* que gera uma forte força de torção na plataforma central. No entanto, ao longo do teste conseguimos obter um fator de segurança em todas as condições superior ou igual a 10 exceto no caso do *pitch connecting moment* que tem um fator de segurança de 1.175. Concluindo assim que teremos de adicionar reforços transversais conectados a reforços longitudinais e esquadros na plataforma central para garantir a resistência estrutural do VENT-Sup EN.

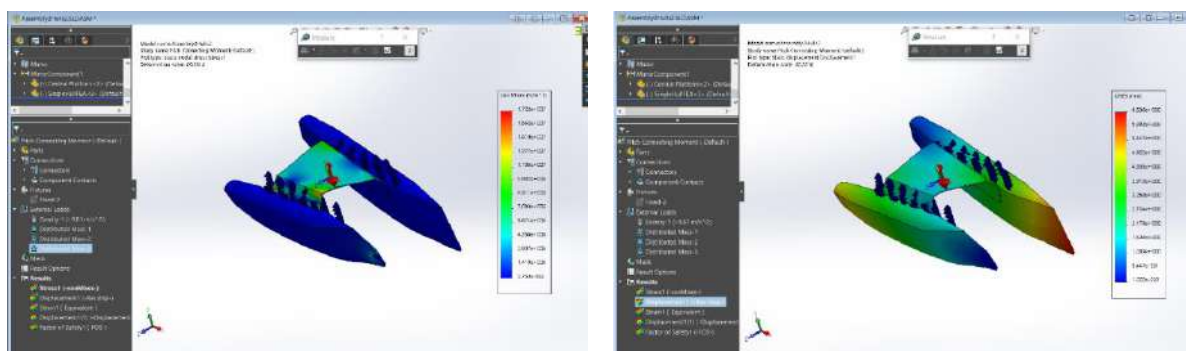


Figura 37: Distribuição de tensões e deformação ao longo do casco para a condição de *pitch connecting moment*

Os resultados obtidos foram ainda comparados com resultados de outros estudos de caso para veículos do tipo catamaran. Verificou-se que o caso mais preocupante é, de forma transversal, o de *pitch connecting moment* e que os resultados obtidos para o VENT-Sup EN são congruentes com os resultados obtidos em outras análises de elementos finitos para as mesmas condições críticas de ondulação.



Figura 38: Análise em elementos finitos para condições de *pitch connecting moment* para um catamaran da classe K50 (Strand7, 2019)

7.7 Projeto detalhado da plataforma em alumínio e mastro

Após várias reuniões com a equipa de construção naval na Arsenal do Alfeite, S.A. foi acordada uma estrutura e desenho da plataforma de alumínio que une os dois cascos bem como do mastro.

A estrutura central tem um peso de 34 kg, sendo constituída por 63 peças de alumínio distintas a serem cortadas a partir de 2 tipos de secção e 1 tipo de chapa de alumínio disponíveis no mercado. Ao longo do projeto da plataforma foram identificadas e reduzidas ao máximo possível as zonas de descontinuidade e de concentração de tensões, tendo sido obtido um fator de segurança superior ou igual a 3 para várias condições de carregamento até 150 kg (Taggart, 1989). Em comparação ao fator de segurança de 1.175 da iteração da plataforma inicial, verifica-se uma evidente melhoria.

O mastro foi desenhado por forma a ter uma elevada área de superfície onde apoiar vários equipamentos de comunicações e antenas detalhados nos perfis de missão do VENT-Sup EN. Além disto o mastro teria também de ser removível e oco por forma a permitir a passagem de cablagem ou componentes eletrónicos mais sensíveis no seu interior protegendo-os do meio ambiente.

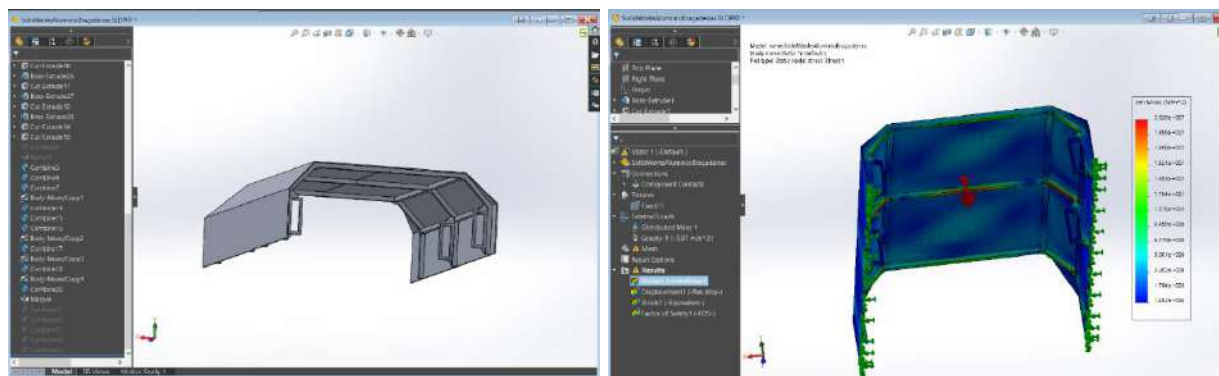


Figura 39: Plataforma de alumínio e zonas de acumulação de tensões para um carregamento central de 150 kg

O *design* final do mastro foi o de uma secção de alumínio retangular curva apoiada em duas braçadeiras na plataforma central, podendo nestas ser equipado ou retirado como se estivesse numa calha. A união do mastro às braçadeiras é depois feita por parafusos roscados de forma a mantê-lo na sua posição.

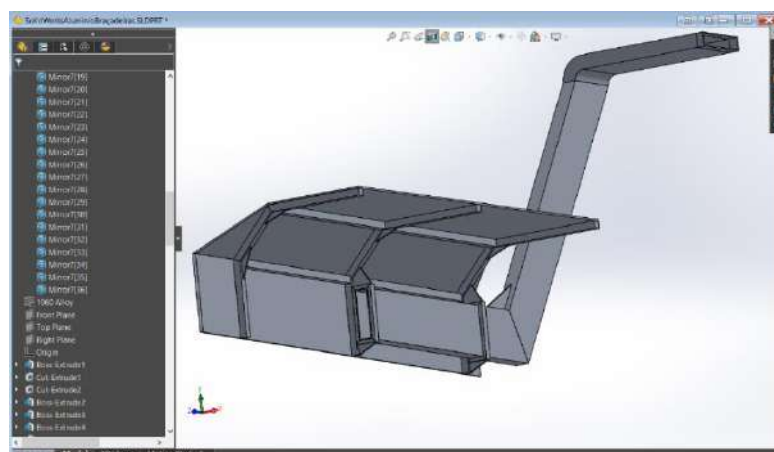


Figura 40: Vista de secção longitudinal da plataforma central e mastro apoiado nesta

A extremidade do mastro é por sua vez aberta por forma a permitir que qualquer vestígio de água salgada que se encontre no seu interior escoe para fora deste evitando assim danos por corrosão no seu interior. Todas as descontinuidades da plataforma e do mastro foram reforçadas com esquadros de alumínio.

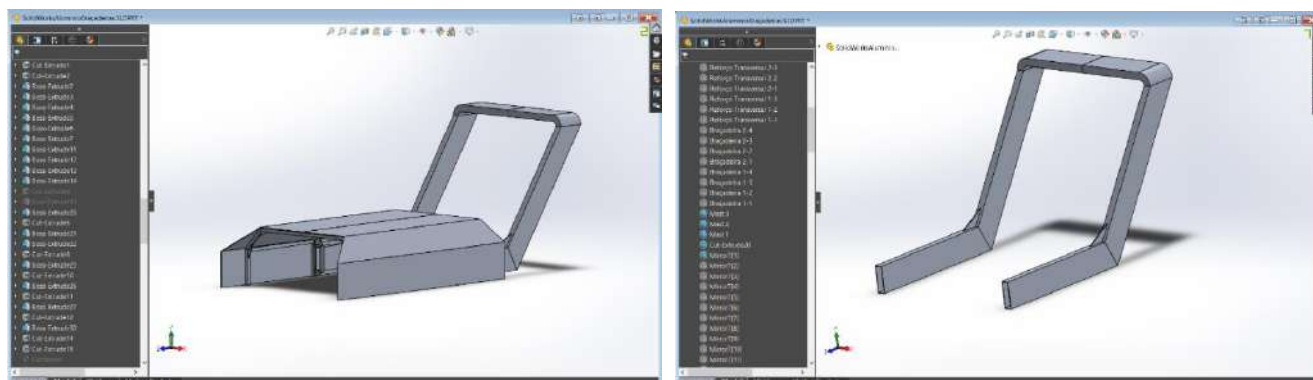


Figura 41: Plataforma central com mastro e mastro do VENT-Sup EN

7.8 Modelo Final do VENT-Sup EN

O desenvolvimento do modelo final do VENT-Sup EN foi feito de forma paralela com todos os estudos dos capítulos anteriores. Neste encontram-se incorporadas várias decisões de *design* que pretendem ter um impacto positivo na experiência do utilizador, nas capacidades operacionais do VENT-Sup e na sua própria estética. Foram realizadas várias alterações ao *design* do VENT-Sup durante este processo, estando destacadas neste capítulo as mais relevantes.



Figura 42: Modelo mais recente do VENT-Sup EN (DELFTShip)

Uma das alterações mais visíveis no modelo é a inclusão de um módulo central em fibra de vidro. Este foi desenhado para receber o computador de bordo do VENT-Sup em conjunto com os restantes componentes de eletrónica de um dado *payload*. Este módulo tem por objetivo manter todos os componentes eletrónicos sensíveis protegidos das condições ambientais, facilitando também significativamente a incorporação de *payloads* completos de equipamentos, dependendo da missão a executar pelo VENT-Sup.

Esta foi projetada para receber componentes de vários *payloads* que serão inicialmente desenvolvidos para o VENT-Sup, tendo uma parte central elevada para receber equipamentos de dimensões eventualmente maiores. O maior equipamento para o qual este módulo foi dimensionado foi um UAV à prova de água *Swellpro Spry* para eventuais missões de reconhecimento portuário.

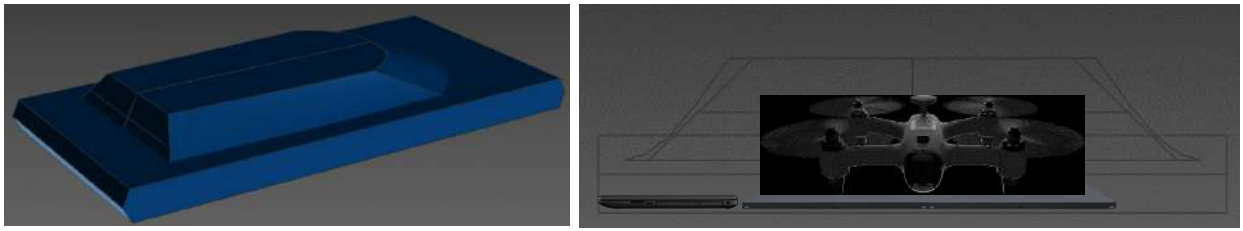


Figura 43: Módulo central e distribuição interna de um *payload* de reconhecimento portuário (computador de bordo, *charging pad Skysense* e drone *SwellPro Spry*) (SwellPro, 2019)

Além deste módulo central foram também adicionadas coberturas laterais à plataforma central do casco. Estas coberturas permitem que todas as componentes eletrônicas do módulo central estejam conectadas às baterias do VENT-Sup bem como aos seus motores *Torqeedo 2.0R* sem que nenhuma parte da cablagem esteja em contacto direto com o meio ambiente externo, protegendo estas da corrosão e desgaste. Além disto, estas coberturas laterais também representam um reforço estrutural significativo à plataforma central de alumínio. Finalmente, estando garantida a sua estanqueidade, as coberturas laterais fornecem uma reserva de estabilidade evidente ao veículo que será abordada com mais detalhe no próximo capítulo.

Estas estruturas foram reforçadas com duas anteparas internas, coincidentes com o início das anteparas de cada um dos cascos bem como o início e fim da plataforma de alumínio central, garantindo desta forma a continuidade estrutural ao longo de todo o VENT-Sup.

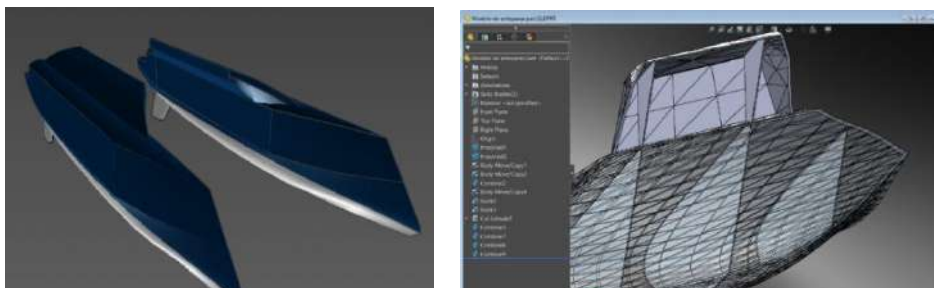


Figura 44: Cascos com coberturas laterais e modelo interno estrutural das anteparas das coberturas e cascos

A proa do tipo *wave piercing bow* foi por sua vez adicionada ao veículo por forma a beneficiar o comportamento deste em cabeceio. O comportamento em balanço do VENT-Sup, por sua vez, estima-se ser semelhante ao esperado de um catamaran. Uma análise numérica detalhada do comportamento no mar do VENT-Sup EN será feita posteriormente com software dedicado em desenvolvimento na Escola Naval.

Finalmente, todo o *design* estético do VENT-Sup EN foi atualizado. Tendo em consideração que as missões em que o VENT-Sup EN poderá ser aplicado serem de cerne quer militar quer científico e mesmo outras missões relacionadas com o salvamento de vidas em que a estética desempenha um papel importante no estado de espírito dos seres humanos com que o VENT-Sup interage. Admitindo a possibilidade deste poder ser eventualmente utilizado por organizações de carácter não estritamente militar ou mesmo entidades civis e tendo também em consideração a potencial importância para a promoção da Marinha Portuguesa do VENT-Sup EN, não podemos desprezar a sua estética (Sheridan, 2013).

Como tal, foi feita uma análise ao mercado, tendo esta por objetivo identificar tendências de *design* de embarcações modernas militares e civis que constituem o estado da arte da arquitetura naval em cada um dos contextos operacionais, sendo estas analisadas em conjunto com outros VENT-Sup que desempenham missões semelhantes ao VENT-Sup EN. Neste estudo foram identificadas fortes tendências no mundo militar para linhas geométricas simples, combinadas com proas retas ou invertidas. Apesar das linhas dos navios serem todas geralmente geometricamente simples, são tendencialmente muito drásticas e existe no geral uma forte continuidade entre todas as linhas dos cascos e das superestruturas.



Figura 45: O X3K, o primeiro de quatro atualmente em produção pela North Sea Boats para a Marinha da Indonésia e o USS Zumwalt da Marinha dos Estados Unidos da América (North Sea Boats, 2019) (USN, 2018)



Figura 46: HSwMS Härnösand da Marinha Sueca e o USS Montgomery da Marinha dos Estados Unidos da América (Försvarsmakten, 2019) (USN, 2018)

Por outro lado, no mundo civil, observávamos paralelamente linhas e formas bastante acentuadas e dramáticas, no entanto, incorporando linhas muito mais orgânicas, formas e curvas geometricamente complexas. Continuamos, no entanto, a observar a continuidade de todas as linhas e formas dos cascos e das superestruturas que observamos nos navios militares e da continua redução da visibilidade de equipamentos fora do casco e das superestruturas dos navios.



Figura 48: Ady Gil e o Vahine Piti desenhados pela LOMOcean (LOMOcean, 2019)



Figura 47: Outremer 45 da Outremer (Outremer, 2018) e o CAT 12.0 da empresa Portuguesa SunConcept (SunConcept, 2019)

Vimos também o ressurgir de uma versão moderna da camuflagem *Dazzle*, utilizada pela primeira vez em navios militares durante o decorrer da 1ª Guerra Mundial quer em navios civis quer em navios militares (Forbes, 2009).

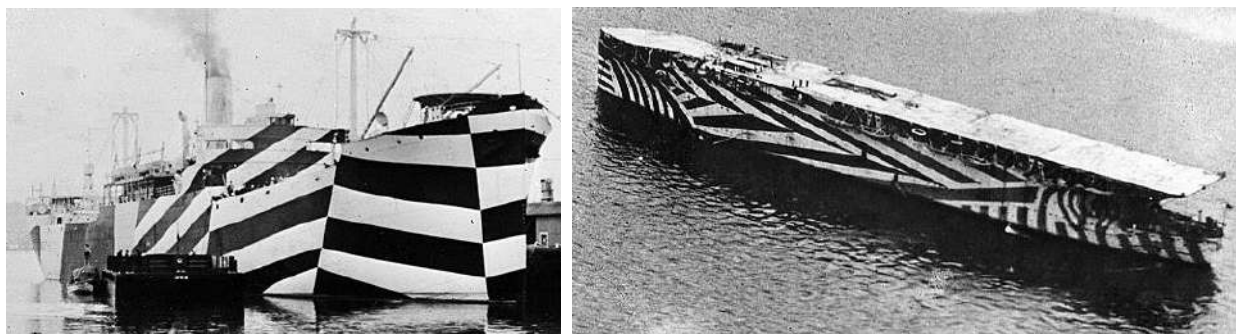


Figura 49: USS West Mahomet e HMS Argus em camuflagem *Dazzle* (1918) (Behrens, 2001)



Figura 51: HSwMS Visby e o MY Bob Barker em versões modernas da camuflagem *Dazzle* (Försvarsmakten, 2019) (Sea Shepherd, 2019)

Por outro lado, os VENT-Sup, quer militares, quer civis, tendem a seguir as mesmas tendências estéticas que as suas contrapartes tripuladas. Desde as linhas dramáticas e contínuas, proas retas ou invertidas, equipamentos minimamente visíveis fora do casco e superestruturas, até à versão moderna da camuflagem *Dazzle*.



Figura 50: USV Katana da Marinha de Israel e o Bonefish da PT Lundin (IAI, 2019) (North Sea Boats, 2019)

Com o *design* estético do VENT-Sup EN tivemos uma série de objetivos principais:

- Refletir as tendências mais atuais e inovadoras de *design* de navios militares e civis por empresas e entidades conceituadas;
- Permitir que as decisões de *design* complementem as funções e a operacionalidade do VENT-Sup EN, não o limitando de qualquer forma;
- Permitir com que este seja inserido quer num contexto e missões puramente militares que num contexto científico ou civil;

Para tal incorporamos vários dos elementos observados no *design* dos navios modernos estudados. Foi garantida também a incorporação harmoniosa dos vários elementos

estéticos, quer militares, quer civis, numa aparência coesa. De modo a facilitar a produção, todo este processo foi mediado com reunião com a várias secções da Arsenal do Alfeite, S.A. encarregues da execução da construção do VENT-Sup EN. Algumas decisões de *design* como as coberturas laterais dos cascos serem paralelas longitudinalmente e intercambiáveis entre si foram feitas neste mesmo sentido.



Figura 53: Linhas e formas dramáticas com separação entre superfícies “vincada”(USS Zumwalt e VENT-Sup EN) (USN, 2018)



Figura 52: Continuidade de superfícies e linhas conjugadas com formas orgânicas (Adastra pelo Arquiteto Naval John Shuttleworth e VENT-Sup EN) (Shuttleworth Design, 2019)

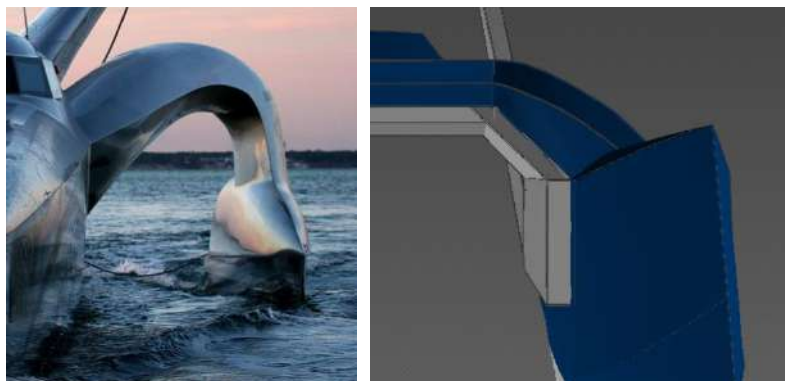


Figura 54: Formas orgânicas nas conexões entre cascos (Ady Ghil e VENT-Sup EN) (Sea Shepherd, 2019)



Figura 55: Continuidade de formas entre ambos os cascos e as superestruturas do navio (*Adastra* e VENT-Sup EN) (Shuttleworth Design, 2019)

Uma das maiores dificuldades de todo este processo foi a de permitir que o VENT-Sup EN consiga ter uma presença marcante e futurista para aplicações militares, mas que este tenha também paradoxalmente uma aparência não-intimidadora e que impacte positivamente quando aplicado em missões de salvamento marítimo ou em missões de carácter científico.

No entanto, após as prévias alterações no formato do VENT-Sup EN e incorporando vários elementos da estética moderna de navios militares e civis, verificamos que diferentes pinturas no VENT-Sup proviam este de estéticas completamente diferentes.



Figura 56: Alguns exemplos das opções de cores do VENT-Sup EN

No final, em reunião com o comando da Escola Naval, foi optado para o primeiro protótipo do VENT-Sup EN, a ser utilizado maioritariamente com módulos para missões científicas, um esquema de cores que reflita tal e que incorpore as cores da Escola Naval.



Figura 57: Modelo Final do VENT-Sup EN

7.9 Projeto estrutural interno

Com a forma final do VENT-Sup EN e das suas superestruturas, é possível proceder ao projeto da sua estrutura interna de forma detalhada. Para tal, foram utilizadas normas da *Det Norske Veritas* para *High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft* (DNV, 2016). Destas regras de classificação recorreremos especificamente à parte 3 “*Structures and Equipment*”, capítulos 1 “*Design Principles and Design Loads*”, 4 “*Hull Structural Design, fibre composite and sandwich constructions*” e 6 “*Stability, watertight integrity, and closing appliances*”.

Tendo em conta considerações destes vários capítulos procedemos ao projeto da estrutura interna do VENT-Sup EN, incluindo nesta uma antepara de colisão, posicionada de acordo com regras da *DNV*.

B 300 Position of collision bulkhead

301 The distance x_c from the forward perpendicular to the collision bulkhead shall be taken between the following limits:

$$x_c(\text{minimum}) = 0.05 L \text{ (m)}$$

$$x_c(\text{maximum}) = 3.0 + 0.05 L \text{ (m)}$$

$$L = \text{length in m on design waterline.}$$

Tabela 12: Fórmulas para cálculo da distância à perpendicular a vante máxima e mínima da antepara de colisão (DNV, 2016)

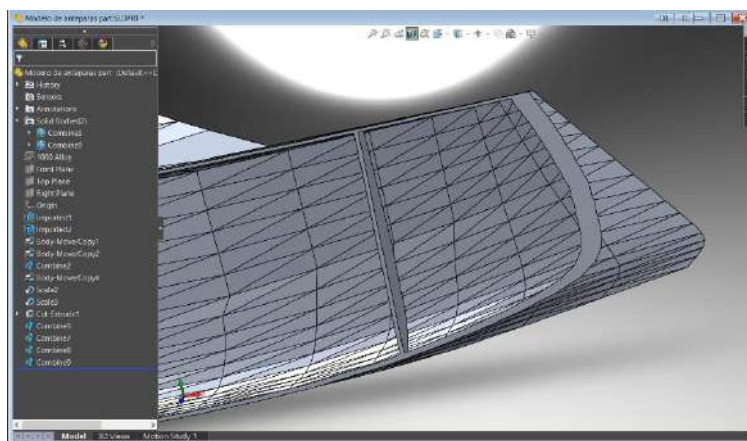


Figura 58: Antepara de colisão do VENT-Sup EN

Seguidamente, foram adicionadas mais duas anteparas por forma a separar os compartimentos das baterias dos restantes, bem como o compartimento mais próximo dos motores do VENT-Sup (o mais próximo nesta plataforma de um *machinery space*). Por forma a manter a continuidade estrutural de todo o VENT-Sup, estas anteparas foram desenhadas por forma a serem coincidentes com o início da plataforma de alumínio e dos reforços transversais desta, sendo estendidas também ao longo das coberturas laterais.

B 200 Transverse watertight bulkheads

201 At least the following transverse watertight bulkheads shall be fitted in all craft:

- a collision bulkhead
- a bulkhead at each end of the machinery space(s).

202 The watertight bulkheads are in general to extend to the freeboard deck. Afterpeak bulkheads may, however, terminate at the first watertight deck above the waterline at draught T.

Tabela 13: Regras da DNV relevantes para estas anteparas (DNV, 2016)

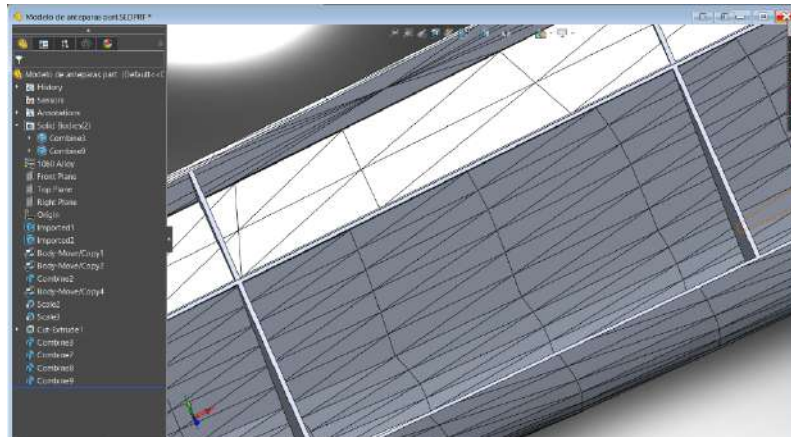


Figura 59: Restantes anteparas do VENT-Sup EN e a sua extensão ao longo das coberturas laterais

7.10 Estabilidade em Avaria

Com a distribuição de anteparas do VENT-Sup EN definida, é possível aprofundar a análise da sua estabilidade com uma análise de estabilidade em avaria (Rawson & Tupper, 2001).

Conquanto, o *software* de Arquitetura Naval (*DELFTShip*[®]) à nossa disposição não possui qualquer funcionalidade para análise de estabilidade em dano. Para resolver este problema recorremos a um uso combinado do *add-on Loading Conditions*[®] do *DELFTShip*[®] e do *SolidWorks Analysis Tools*[®].

Começamos esta análise importando o ficheiro .stl do *DELFTShip*[®] para o *SolidWorks*[®] (após arranjar a mesh deste com o *Ansys Discovery*[®]). Seguidamente, todos os compartimentos vazios são substituídos por um sólido com o seu formato. É depois atribuído um material com a densidade da água do mar a cada um dos sólidos gerados e medido o seu peso com o *SolidWorks Analysis Tools*[®].

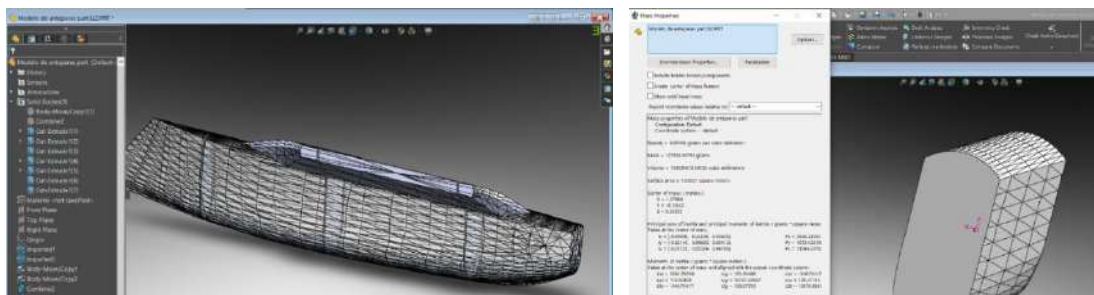


Figura 60: Compartimentos internos do VENT-Sup EN e um dos compartimentos centrais com as suas propriedades de massa

Retiramos do *SolidWorks*® o peso de todos os sólidos gerados bem como a posição do seu centro de massa. Seguidamente, recorrendo ao *add-on Loading Conditions*® do *DELFTShip*® carregamos o VENT-Sup EN com o seu peso de *payload* maior e adicionamos o peso de cada um dos sólidos de água medidos no *SolidWorks*® no centro geométrico de cada compartimento por forma a simular o alagamento completo de cada compartimento admitindo uma permeabilidade de 100% nestes. Simulamos então várias condições de dano no VENT-Sup EN, começando com as mais prováveis e evoluindo para as condições mais extremas de dano.

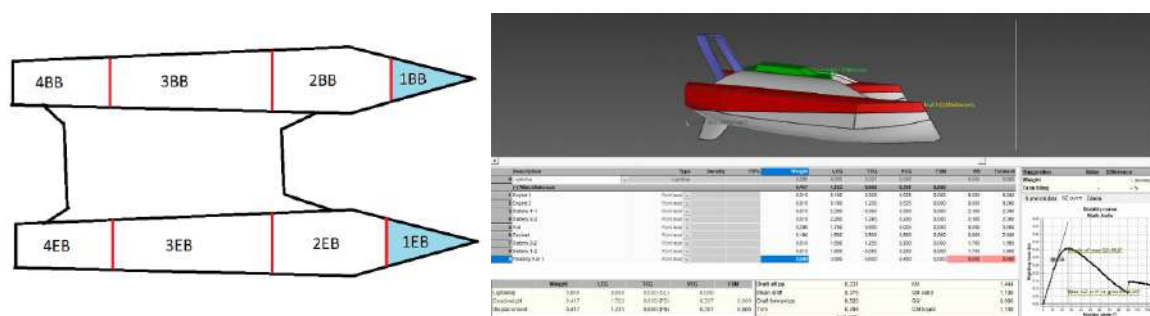


Figura 61: Resultado do alagamento das seções 1BB e 1EB (Colisão frontal do VENT-Sup)

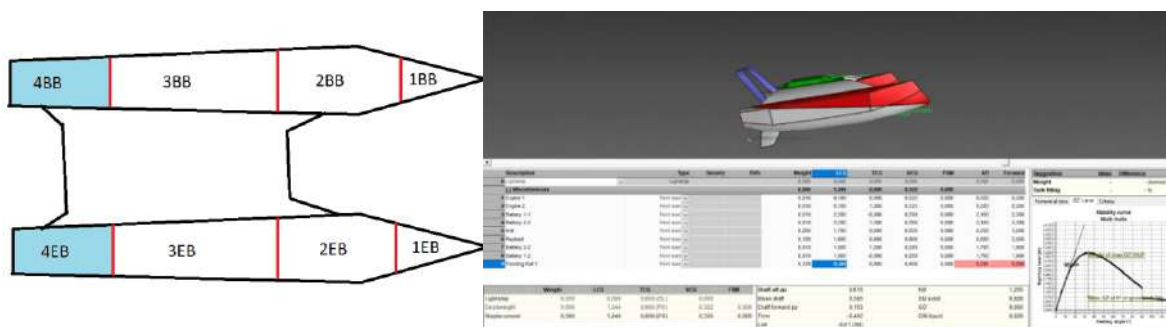


Figura 62: Resultado do alagamento das seções 4EB e 4BB (Colisão a ré do VENT-Sup)

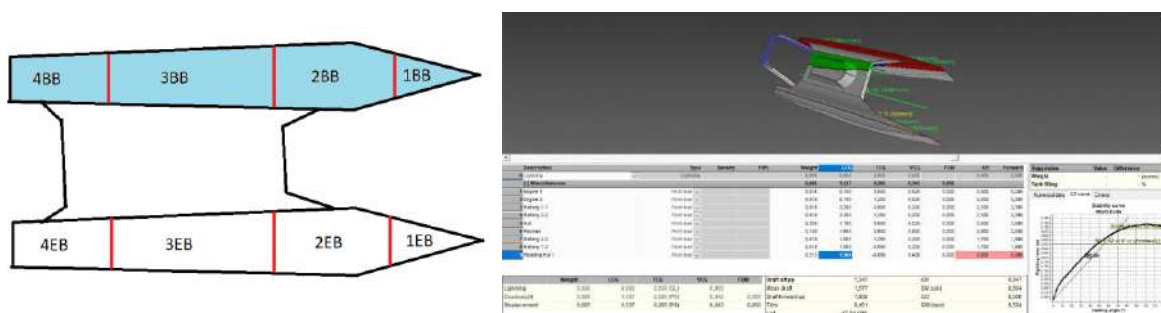


Figura 63: Resultado do alagamento de todas as seções de um dos cascos (Abalroamento lateral grave do VENT-Sup com comprometimento total de um dos cascos)

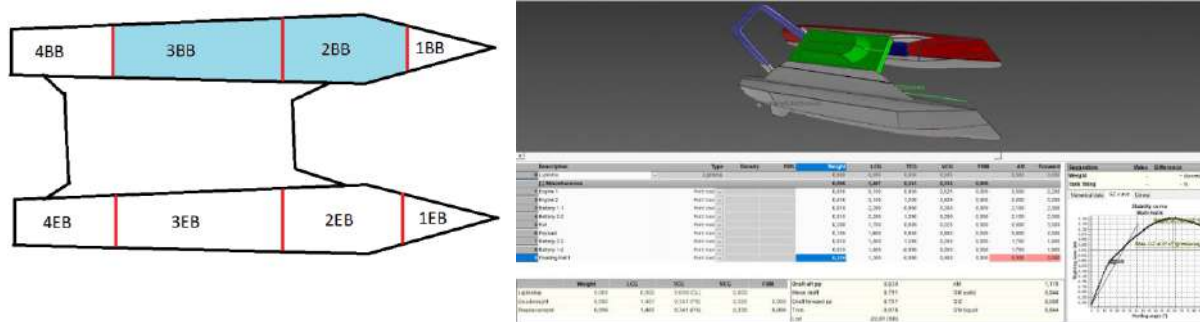


Figura 64: Resultado do alagamento das secções 3BB e 2BB (Abalroamento lateral do VENT-Sup)

Nesta análise de estabilidade em avaria constatamos que o VENT-Sup EN é bastante difícil de se afundar, em parte devido ao facto de ser um catamaran mas também devido às coberturas laterais da sua plataforma central que provêm o VENT-Sup de uma reserva de flutuabilidade extra.

Verificamos que ambos os cascos poderiam estar completamente alagados (por exemplo no caso do VENT-Sup sofrer um abalroamento que comprometa ambos os cascos e as suas anteparas – uma situação altamente improvável) e desde que as coberturas laterais se mantenham estanques dos outros compartimentos e sem qualquer dano, o VENT-Sup mantém a sua flutuabilidade.



Figura 65: Resultado do alagamento completo de ambos os cascos do VENT-Sup (situação de dano crítico improvável)

8. Construção do VENT-Sup EN

8.1 Caderno de especificações técnicas

Antes de dar início à construção, do veículo é necessário proceder à entrega de um caderno de especificações técnicas ao estaleiro de construção naval. O propósito deste caderno é de comunicar ao estaleiro o que é esperado do projeto na sua totalidade, do veículo a produzir, bem como as suas capacidades (definidas anteriormente no conceito operacional e respetivos requisitos operacionais e técnicos) e de todas as restantes incumbências da parte da Arsenal do Alfeite, S.A.

INSTITUTO DA DEFESA NACIONAL ARSENAL DO ALFEITE, S.A.	
ESCOLA NAVAL	
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	
VEÍCULO NÃO-TRIPULADO DE SUPERFÍCIE	
EN01 / ET-01 / 20181030	
ÍNDICE	
000	OBJECTIVOS E REQUISITOS GERAIS..... 1
000-1	Directivas de construção..... 1
000-2	Requisitos operacionais e missão..... 2
000-3	Características gerais da embarcação..... 2
000-4	Classificação e Certificação..... 3
000-5	Outros..... 3
001	GESTÃO DO PROJECTO..... 4
001-1	Planeamento..... 4
001-2	Provas..... 4
001-3	Entrega provisória do VENT-Sup EN..... 5
001-4	Requisitos base objecto de desenvolvimento..... 5
001-5	Garantia..... 7
001-6	Entrega definitiva..... 8
002	REQUISITOS ADMINISTRATIVOS..... 5
002-1	Informação indispensável para aprovação das propostas de desenvolvimento..... 5
002-2	Desempenho do VENT-Sup EN..... 5
003	CONCEITO DE EMPREGO OPERACIONAL DA EMBARCAÇÃO..... 7
003-1	Indisponibilidade..... 7
003-2	Manobrabilidade..... 7
003-3	Autonomia..... 7
003-4	Compatibilidade dinâmica no mar..... 8
004	CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS..... 8
004-1	Casco..... 8
004-2	Instalação propulsora..... 8
004-3	Instalação eléctrica..... 8
004-4	Comando e vigilância..... 8
004-5	Sistemas auxiliares..... 8
004-6	Aprestamento..... 8
005	COMANDO E VIGILÂNCIA..... 13

Figura 66: Capa e primeira página do índice do caderno de especificações técnicas do VENT-Sup EN

Neste caderno devem estar definidos:

- Directivas e requisitos gerais para a construção do veículo (incluindo características gerais da embarcação, requisitos operacionais e técnicos, classificação e certificação do veículo);
- Gestão do projeto (planeamento, provas, entrega provisória, garantia e entrega definitiva);
- Requisitos administrativos;
- Requisitos de desempenho do VENT-Sup EN;
- Conceito de emprego operacional da embarcação;
- Características de subsistemas (casco, instalação propulsora e elétrica, comando e vigilância, sistemas auxiliares, aprestamento);

- Requisitos de apoio logístico (manutenção, abastecimento, transporte, manuseamento, armazenamento, desenhos, manuais, treino de utilizadores);
- Controlo de qualidade do produto final (requisitos para provas, testes e ensaios, organização de provas de mar, provas dos sistemas e equipamentos do navio);

8.2 Construção em fibra de vidro

Para a construção dos componentes em fibra de vidro do VENT-Sup EN foi necessário primeiro a construção de moldes para tal. Estes moldes foram inicialmente modelados em *SolidWorks*[®] para serem posteriormente transferidos para *Fusion 360*[®] de forma a serem maquinados de um bloco de espuma polyuretano *SikaBlock*.

Devido à natureza do processo de fabrico em fibra de vidro, foi necessário certificarmo-nos que todos os moldes produzidos tinham ângulos de saída positivos de forma a que as respetivas peças não fiquem presas nestes.

Todos os moldes feitos foram de duas partes. Para as coberturas laterais, no entanto, devido à sua forma complexa, foi necessário modelar as peças com encaixe de tipo chave, tendo os moldes respetivos sido desenhados neste sentido.

No total foram produzidos cinco moldes, dois para os cascos e dois para as coberturas laterais e um para o módulo central. Devido ao facto do casco ser do tipo catamaran os moldes utilizados para um casco podem ser reutilizados para o segundo casco. Um veículo com mono-casco para um mesmo *payload* precisaria de um molde de dimensões substancialmente maiores. Conseguimos assim reduzir significativamente os custos de produção do VENT-Sup EN com a nossa escolha inicial de optar pela forma catamaran para o nosso casco.

Além disto, as coberturas laterais da plataforma foram intencionalmente projetadas de forma a serem longitudinalmente simétricas para que só sejam necessários dois moldes para construir as quatro peças diferentes das duas coberturas, sendo estas também intercambiáveis.

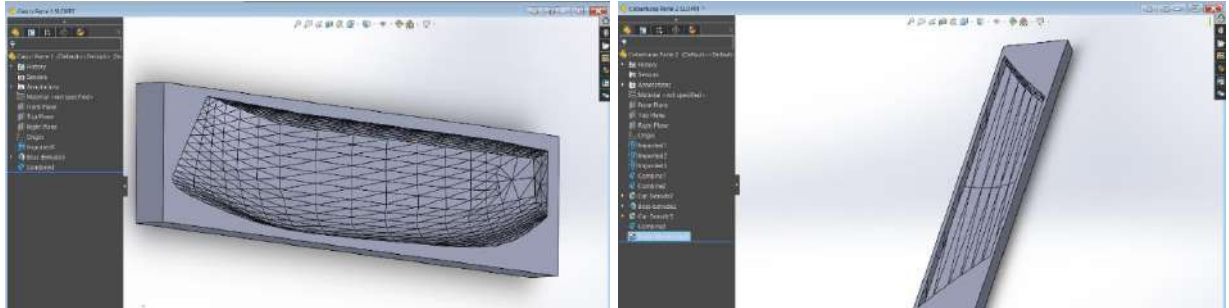


Figura 67: Exemplo de um dos moldes dos cascos e de um dos moldes das coberturas laterais

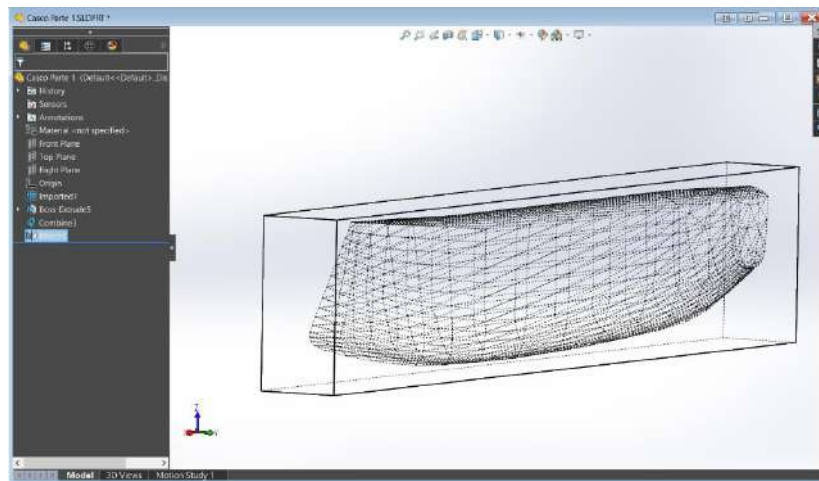


Figura 68: Dois moldes do casco juntos (vista transparente)

8.3 Construção em Alumínio

Para a construção em alumínio do VENT-Sup EN recorreremos ao uso conjunto dos *softwares* AutoCAD® e Solidworks®. Por forma a compatibilizar os diferentes *softwares* recorreremos à exportação de ficheiros em formato *.step 214* do Solidworks®.

Todas as 63 peças que compõem a plataforma central foram exportadas e compatibilizadas, por forma a serem recortadas a partir de 2 tipos de perfis e 1 tipo de chapa recorrendo a uma máquina CNC. Estas diversas peças foram posteriormente unidas com cola

SikaFlex-291 (específica para uso em veículos marítimos) por forma a evitar deformações no alumínio eventualmente causadas por processos alternativos com a soldadura. A união do mastro à plataforma bem como da plataforma à plataforma central foi posteriormente feita com uma união roscada, sendo utilizadas fixações do tipo *big-head* nas uniões entre alumínio e fibra de vidro.

9. Conclusão

Com a conclusão desta fase do projeto VENT-Sup EN apercebemo-nos da extensa complexidade inerente ao projeto de um meio naval. Este é um processo insistentemente iterativo e complexo que recorre às suas fases iniciais constantemente ao longo do projeto com o surgir de problemas nos vários passos deste. Muito raramente pode um projeto estar “completo”, em grande parte devido ao facto de ser irrealista e ineficaz a consideração plena de todos os problemas que o meio naval irá enfrentar ao longo do seu ciclo de vida. Isto é em parte evidenciado por um grande investimento de tempo na fase do projeto detalhado.

Conquanto, apesar da complexidade inerente a estes projetos, o projetista consegue fazer com um projeto esteja mais propenso para o sucesso ao garantir que o conceito operacional inicialmente definido se encontra sempre satisfeito e as condições críticas que o meio naval irá enfrentar estão todas consideradas.

Um grande investimento de tempo na definição de um conceito inicial realista e nos estudos iniciais do projeto são fulcrais para conseguirmos isto. Estabelecer desde o início do projeto os problemas que este pretende resolver, de uma concisa, realista e clara, como os pretendemos resolver e o que o meio necessita de fazer para tal, é essencial para o sucesso do projeto. Se o conceito operacional do veículo bem como as necessidades da entidade que o receberá forem mantidas sempre em mente, os operadores e utilizadores futuros do meio naval terão sempre as suas expetativas e necessidades satisfeitas.

Outra consideração a ter é a importância que a experiência dos vários elementos envolvidos no projeto tem para que este seja realizado com sucesso e de forma célere. Um tempo considerável do projeto VENT-Sup EN foi dedicado a investigar metodologias de análise adequadas, processos e a tomar decisões em grande parte baseadas na experiência. Apenas através da orientação dos vários investigadores dedicados ao projeto VENT-Sup EN foi possível realizar um leque tão vasto de análises e previsões que contribuem para a consolidação do projeto. De igual forma, esta contribui em grande parte para encontrar soluções para problemas inopinados de forma célere e eficaz. Conquanto, com o desenvolvimento do projeto VENT-Sup EN foi possível estabelecer várias metodologias iniciais, programas e recursos, todos os quais estarão ainda sujeitos a alterações futuras, que

servirão de um ponto de partida para projetos futuros de veículos não-tripulados de superfície na Escola Naval.

A compatibilização entre *softwares* e as ferramentas utilizadas foram também um dos principais obstáculos enfrentados ao longo deste projeto. Muitos dos *softwares* utilizados, em particular o caso do *DelftShip*[®], apesar de serem ferramentas bastante úteis, carecem ainda de algumas funcionalidades essenciais para o projeto naval. No entanto, a experiência e conhecimento do projetista em diversos *softwares* permite a integração e uso conjunto destes para encontrar soluções criativas para problemas complexos. Este foi o caso, por exemplo, das soluções encontradas para a análise de estabilidade em avaria e da análise da resistência estrutural do veículo em condições críticas de ondulação neste projeto.

Um dos aspetos mais positivos da oportunidade de realizar esta dissertação foi o facto de ter sido possível observar cada uma das fases individuais de um projeto desde a sua conceptualização até à produção de um produto final. Por norma, dentro do contexto de uma empresa externa ou dentro de um meio militar, todas estas diversas fases estão entregues a várias equipas constituídas por diversas pessoas cada uma especializada no seu ramo individual. Conquanto, com a realização desta dissertação, foi possível encontrar-me envolvido ativamente em todas as fases do processo do projeto naval, tendo em resultado de tal uma visão única deste mesmo. Isto permitiu-me observar o impacto que as diferentes fases do projeto têm entre si e a importância elevada que a colaboração entre as diferentes equipas de um projeto tem.

Por exemplo, durante a fase do projeto conceptual é importante que um cliente ou futuro utilizador seja capaz de estabelecer expectativas realistas com base nos recursos disponíveis para o projeto. Para isto, a experiência torna-se num contributo essencial. No entanto, estas expectativas iniciais não deverão também ser demasiado conservadoras de modo a potencializar a qualidade do produto final do projeto.

A decisão no projeto VENT-Sup EN de estabelecer requisitos mandatórios para o veículo bem como *stretch goals* para o desempenho deste permitiu ao projetista assegurar a satisfação das necessidades e expectativas de um cliente para o produto final e ainda, dentro dos recursos disponíveis, desenvolver um produto com a maior qualidade possível.

Por outro lado, também se verifica uma forte influência do projeto detalhado do veículo no projeto de construção deste. A colaboração entre as equipas de projeto e as equipas de construção tem uma influência considerável nos custos de produção final de um veículo.

No projeto VENT-Sup EN, a oportunidade de estar encarregue do projeto detalhado e do projeto de construção do veículo, permitiu-me observar as dificuldades das equipas de construção e a influência que as decisões de projeto têm no processo de construção. Em resultado de tal, em colaboração com as equipas técnicas da Arsenal do Alfeite, S.A., foi-me possível tomar decisões que permitiram facilitar a construção do primeiro protótipo bem como reduzir de forma significativa os custos de produção deste (por exemplo, a redução do número de moldes necessários para o veículo de 9 para 5, reduzindo o custo de aquisição dos moldes e o tempo de maquinação destes em cerca de 40%).

Com o final de todo este processo concluímos o projeto de um meio naval modular e versátil capaz de receber *payloads* até 200kg, com um sistema de propulsão já integrado e com uma aprofundada análise técnica do veículo bem como todo o projeto de construção necessário para a produção de um primeiro protótipo. Devido à sua versatilidade e elevados padrões de *performance*, é espectável que o veículo deverá não só satisfazer os requisitos iniciais de forma satisfatória bem como ser dotado do potencial de exceder o seu conceito operacional inicialmente definido, podendo ser aplicado em várias outras áreas e missões desde que os equipamentos necessários para tal estejam dentro das limitações do peso de *payload* da plataforma.

Com este trabalho não só conseguimos fornecer a Escola Naval com o projeto de um novo meio naval do qual fará uso, como também conseguimos expandir o *know-how* da organização na área específica e relevante dos veículos autónomos. Vários contactos, vias de comunicação entre entidades relevantes e processos também foram estabelecidos para num futuro próximo facilitar a execução de trabalhos de cariz semelhante. E, finalmente, foram identificados vários problemas associados ao projeto de um meio naval e formas de os superar. Tudo isto, no contexto do *Project Based Learning*, contribuiu para as capacidades da Escola Naval de desenvolver conhecimento e tecnologia nesta área, independentemente do resultado final do projeto VENT-Sup EN.

A construção do VENT-Sup EN está de momento a decorrer na Arsenal do Alfeite, S.A. estando a entrada ao serviço deste veículo para a Escola Naval prevista para o Verão de 2020.

“The science of today is the technology of tomorrow.”

-Edward Teller, (Budapeste, 15 de Janeiro de 1908 — Stanford (Califórnia), 9 de Setembro de 2003), um dos membros fundadores do “Projeto Manhattan”

10.Referências bibliográficas

- Andrews, D. & Erikstad, S., 2015. *State of the art report on design methodology*. Tokyo, ResearchGate, pp. 90-105.
- Andrews, D. & Pawling, R., 2008.. A case study in preliminary ship design. *The International Journal of Maritime Engineering*, pp. 45-68.
- Anon., s.d. s.l.:s.n.
- Babin, N. V. & N. E., 1990. *The Impact of Advanced Technology on the U.S. Military*. U.S. Army Research Institute: United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Behrens, R. R., 2001. *Naval Camouflage, 1914-1945: a complete visual reference*. s.l.:Naval Institute Press.
- Bellingham, J. & Rajan, K., 2007. *Robotics in Remote and Hostile Environments*. Science Vol. 318 ed. s.l.:s.n.
- Bhattacharyya, R., 1978. *Dynamics of Marine Vehicles*. Annapolis: s.n.
- BI, 2017. *NATO may make major changes to its command structure*. [Online] Available at: <https://www.businessinsider.com/nato-changes-to-command-structure-in-europe-amid-tension-with-russia-2017-10> [Acedido em 30 Agosto 2019].
- Bruce, G. J. & David, J., 2009. *Ship Construction*. 7^a ed. s.l.:Elsevier Ltd..
- Chalmers, D. W., 1993. *Design of Ships' Structures*. s.l.:Ministry of Defense.
- Crane, C. L., 1989. *Principles of Naval Architecture - Motions in Waves and Controllability*. The Social of Naval Architects and Marine Engineers ed. Jersey: s.n.
- DARPA, 2018. ACTUV "Sea Hunter" Prototype Transitions to Office of Naval Research for Further Development. *DARPA.mil*, p. 3.
- DARPA, 2018. *ACTUV Sea Hunter Prototype Transitions to Office of Naval Research for Further Development*. [Online]

Available at: <https://www.darpa.mil/news-events/2018-01-30a>

[Acedido em 30 Agosto 2019].

DARPA, 2018. Sea Hunter Transfers to Navy. *DARPA.mil*, p. 2.

DGRM, 2019. *Zonas marítimas sob jurisdição ou soberania nacional*. [Online]

Available at: <https://www.dgrm.mm.gov.pt/en/am-ec-zonas-maritimas-sob-jurisdicao-ou-soberania-nacional>

DNV, 2016. *DNV GL Rules for High Speed and Light Craft*. s.l.:Det Norske Veritas.

DOD, 2015. *ACTUV Sea Trials set for Early 2016*. [Online]

Available at: <https://science.dodlive.mil/2015/11/09/actuv-sea-trials-set-for-early-2016/>

[Acedido em 30 Agosto 2019].

EMGFA, 2018. Fuzileiros prosseguem missão com intensa atividade operacional.

Estado Maior General das Forças Armadas, p. 2.

Evans, J. H., 1959. *Basic Design Concepts*. s.l.:s.n.

Faltinsen, O. M., 2005. *Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles*. Norwegian University of Science and Technology: Cambridge University Press.

Forbes, P., 2009. *Dazzled and Deceived: Mimicry and camouflage*. s.l.:Yale University Press.

GMarine, 2019. *GMarine - Interceptor USV*. [Online]

Available at: <https://5gmarine.com/>

[Acedido em 15 Agosto 2019].

Hisyam, A. M., 2016. *Design and analysis of an unmanned surface vehicle for phytoplankton detection*. s.l.:TS Manufactures.

Holtrop, J., 1988. *A Statistical Re-analysis of Resistance and Propulsion*. s.l.:s.n.

Holtrop, J. & Mennen, G., 1984. An approximate power prediction method: s.n.

Hydro International, 2016. *Berin Sea ASV Force Multiplier*. [Online]

Available at: <https://www.hydro-international.com/content/article/bering-sea-asv-force->

multiplier

[Acedido em 30 Agosto 2019].

IAI, 2019. *KATANA USV*. [Online]

Available at: <https://www.iai.co.il/p/katana>

[Acedido em 10 Agosto 2019].

Innomar, 2017. *Innomar Survey Catamaran (USV)*. [Online]

Available at: <https://www.innomar.com/usv-survey-catamaran.php>

[Acedido em 30 Agosto 2019].

Instituto Hidrográfico, 2018. Brigada Hidrográfica inicia levantamento do Topo-Hidrográfico da Via Navegável do Rio Douro. *Hidrográfico*, p. 3.

ITTC, 1957. *Resistance, uncertainty analysis and examples for resistance testing*. s.l.:International Towing Tank Conference.

Jiang, L., 2015. *Research about Technological Innovation with Deep Civil-Military Integration*. Harbin, Heilongjiang, China: Institute of Economics Management, Humanities and Social Science.

Kraska, J., 2010. The Law of unamanned naval systems in war and peace.. Em: s.l.:The Journal of Ocean Technology.

Lérias, R., 2005. *Crónica de Arquitetura Naval*. s.l.:Anais do Clube Militar Naval.

Lopes, P., 2018. *Projeto Conceptual de um veículo não tripulado de superfície para a Escola Naval - VENT-Sup EN*. Alfeite: Escola Naval.

M., G. M., 2008. *Unmanned Surface Vehicles : An Operational Commander's Tool for Maritime Security*. Newport: s.n.

Maritime Robotics, 2019. *Maritime Robotics - Otter*. [Online]

Available at: <https://www.maritimerobotics.com/otter>

[Acedido em 30 Agosto 2019].

Martin, A., 2011. *Unmanned Maritime Systems Defense & Security UUV & USV Markets, Technologies and Opportunities Outlook 2012-2020*. s.l.:Market Intel Group.

Martins, R. et al., 2009. IMC: A Communication Protocol for Networked Vehicles and Sensors. Em: s.l.: Proceedings of the IEEE Oceans 2009.

MCA, 2014. *Commercial Yacht Code*. LY3 ed. s.l.:UK Maritime and Coastguard Agency.

Mcgillivray, P., Sousa, J. B. d. & Martins, R., 2012. *Connecting the dots: networking maritime fleets of autonomous vehicles for science and surveillance*. s.l.:Marine Technology Reporter.

Molland, A., 2008. *The Maritime Engineering Reference Book - A Guide to Ship Design, Construction and Operation*. Butterworth-Heinemann. s.l.:s.n.

Moody, R. D., 1996. *Preliminary Power Prediction During Early Design Stages of a Ship*. Paper 175 ed. s.l.:Cape Technikon Thesis & Dissertations.

NATO, 2010. *NATO AAP-20 - NATO Programme Management Framework*. s.l.:North Atlantic Treaty Organization.

Neves, V., 2009. *Comportamento mecânico de compósitos com aplicações navais*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

NOAA, 2017. *Drones at sea: Unmanned Vehicles to Expand data collection from far-flung places*. [Online]
Available at: <https://www.noaa.gov/stories/drones-at-sea-unmanned-vehicles-to-expand-data-collection-from-far-flung-locals>
[Acedido em 30 Agosto 2019].

Oliveira, B. A., 2015. *Sistemas não tripulados nas forças armadas nacionais como potenciadores das suas capacidades*. Pedrouços: s.n.

P. Costa, P. Silva, B. Moreira, 2019. *Projeto de um veículo de superfície não tripulado modular multimissão*. CIDIUM: Instituto Universitário Militar.

Pawling, R. & Andrews, D., 2011. Design Sketching for Computer Aided Preliminary Ship Design. *Ship Technology Research.*, pp. 182-194.

Pinto, J. et al., 2006. NEPTUS – a Framework to support the mission life cycle. Em: Lisboa: Proceedings of the 7th Conference on Manoeuvring and Control of Marine Craft (MCMC'2006).

Rawson, K. & Tupper, E., 2001. *Basic Ship Theory, Volume 1*. s.l.:s.n.

Salvado, C., 2004. *Projeto Naval - Proposta de Léxico*. s.l.:s.n.

Savitz, I. B. S., 2013. *Unmanned surface vehicles (USVs)*. s.l.:RAND - National Defense Research Institute.

Scharr, P., 2018. *Army of None: Autonomous Weapons and the Future*. s.l.:W.W. Norton & Company.

Schneekluth, H. & Bertram, V., 1998. *Ship Design for Efficiency and Economy*. s.l.:Butterworth Heinemann.

Sheridan, J. A., 2013. *Synthesis of Aesthetics for Ship Design*. s.l.:s.n.

Silva, P. P. d., 2016. *Lição inaugural 2016/2017*, Alfeite: Escola Naval.

Sousa, B. d. et al., 2014. Unmanned aircraft systems for maritime operations. Em: *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles* (Eds. Valavanis, K.P., Vachtsevanos, G.J.). New York: Springer Verlag.

Sponberg, E. W., 2010. *The Design Ratios*. s.l.:s.n.

Steimle, E. T. & Hall, M. L., 2006. *Unmanned Surface Vehicles as Environmental Monitoring and Assessment Tools*. s.l.:s.n.

Strand7, 2019. *Analysis of an 80m high-speed catamaran in accordance with Det-Norske Veritas' rules for high-speed light craft*. [Online]
Available at: <http://www.strand7.com/html/catamaran.htm>

SwellPro, 2019. *SwellPro SplashDrone 3+*. [Online]
Available at: <https://www.swellpro.com/waterproof-splash-drone.html>
[Acedido em 30 Agosto 2019].

Taggart, R., 1989. *Ship Design and Construction*. New York: SNAME.

Torqeedo, 2019. *Outboard - Cruise 2.0 R - Torqeedo*. [Online]
Available at: <https://www.torqeedo.com/en/products/outboards/cruise/cruise-2.0-r/M-1230-00.html>

Tupper, E. C., 2013. *Introduction to Naval Architecture*. 5^a ed. Kidling, Oxford: Elsevier Ltd..

UPG - Amazon, 2019. *Universal Power Group 12v 35AH 85980/D5722 Sealed Lead Acid Battery UB12350*. [Online]
Available at: <https://www.amazon.ae/Universal-Power-Group-UB12350-WARRANTY/dp/B00IJN11VW>

USNA, 2009. *Resistance and Powering of Ships*. [Online]
Available at:
<https://www.usna.edu/NAOE/files/documents/Courses/EN400/02.07%20Chapter%207.pdf>
f
[Acedido em 30 Agosto 2019].

Vasconcelos, J. C., s.d.. *Design of Autonomous Surface Vessels*. Lisboa: s.n.

Ventura, M., 2019. *Centre for Marine Technology and Ocean Engineering*. [Online]
Available at: <http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/EN/SD-1.1.2-SHIP%20Dimensioning.pdf>

Viau, C., 2013. *Market Survey of Unmanned Surface Vehicles and Unmanned Aerial Vehicles for Maritime Applications*. Ottawa: s.n.

Yan, R. J., Pang, S., Sun, H. & Pang, Y., 2010. *Development and Missions of Unmanned Surface Vehicle*. Harbin Engineering University: s.n.

Yeh, E., 2004. *Design, Build and Trial of 19 meters self-righting SAR boat*. London: The Royal Institution of Naval Architects.

Younes, B., 2015. *Robotização de uma Cápsula para salvamento marítimo - Abordagem numa Perspetiva de Arquitetura Naval*. Escola Naval: s.n.

11.Apêndices

11.1 Apêndice A – Conceito e requisitos operacionais

Requisitos Operacionais		
Requisitos Gerais		
051 CONCEITOS OPERACIONAIS	Missões	O VENT-Sup EN será utilizado nos seguintes tipos de missão: - Plataforma de ensaios para investigação e o desenvolvimento científico (I&D) no domínio do mar, privilegiando trabalhos experimentais no âmbito dos cursos da Escola Naval; - Levantamento hidrográfico; - Plataforma de recolha e lançamento de UAV's; - Recolha de dados ambientais; - Reconhecimento portuário;
	Área de Operação	A área de operação dos VENT-Sup compreende a orla costeira e os espaços marítimos sob soberania, jurisdição ou responsabilidade nacional;
	Transporte	O VENT-Sup EN servirá para utilização da Escola Naval e, se necessário e adequado pela Marinha e Autoridade Marítima Nacional, sendo movimentado/transportado por unidades navais, ou por terra com meios de movimentação/transporte adequados.
	Operação	O VENT-Sup EN será operado a partir de unidades navais, ou meios em terra adequados. O VENT-Sup-EN deve poder operar na área SAR Nacional o que corresponderá a um intervalo de temperatura: - do ar entre: 0°C and 35°C. - da água entre: 10°C and 25°C.
	Tarefas	"- Plataforma de ensaios para investigação e o desenvolvimento científico (I&D) no domínio do mar, privilegiando trabalhos experimentais no âmbito dos cursos da Escola Naval: - recolha de dados de posicionamento, velocidade e aceleração em seis graus de liberdade NOTA: restantes tarefas contribuem para esta missão." "- Levantamento hidrográfico: - recolha de informação sobre perfis do fundo fluviais na zona de operação;" "- Reconhecimento Portuário: - capacidade de transmitir um feed de vídeo para uma estação de controlo em tempo real;" "- TX/RX dados com estações de controlo: - capacidade de transmitir/receber dados com estações de controlo." "- Plataforma de lançamento de UAV's: - Dotado de uma elevada superfície de convés e capacitado com um sistema de recolha e aterragem de UAV's;"

Requisitos Técnicos		LEGENDA DE PRIORIDADES	
	M	Requisito Mandatório. Esta Característica têm de constar no sistema final.	
	D	Requisito Desejável. Esta Característica deve constar no sistema final, exceto se o custo final seja muito elevado, a construção e in	
	O	Requisito Opcional. Esta característica pode constar no sistema final, dependendo do Gestor do Projeto.	
	E	Possível Evolução Futura. Esta característica é registada para que a ideia não seja perdida. A decisão de inclusão no sistema final d	
060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS			Notas e Observações
031 C3 - COMANDO, CONTROLO E COMUNICAÇÕES	1	Os sistemas de Controlo devem permitir operações até 5 milhas de distância do operador.	D
	2	Os sistemas de Comunicações devem ser preferencialmente de VHF. Contudo devem poder integrar com VHF; comunicações satélite, comunicações móveis, e redes WiFi.	D

	E	Possível Evolução Futura. Esta característica é registada para que a ideia não seja perdida. A decisão de inclusão no sistema final dependerá do progress		
060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS			Notas e Observações	PRIORIDADE
032 MEIOS DE VIGILÂNCIA, RECONHECIMENTO E INFORMAÇÃO	1	Sistemas a DEFINIR APÓS Análise e decisão do pacote de missões que o VENTSup-EN pode executar		
	2	The USV shall be able to work in total darkness.		M
	3	The USV shall be equipped with a camera.		M
	4	The USV shall be equipped with a GPS/INS.		M
	5	The USV shall be equipped with an IR (Infrared) camera.		M
	6	The USV shall be equipped with Radar.		D
	7	The USV shall be equipped with Sonar.		D
	#	The USV should be equipped with a tomographic camera.		D
	#	The USV should be equipped with water quality sensors.		D
	#	The USV should be equipped with a dosimeter.		O
	#	The USV should be equipped with a loudspeaker and a microphone.		O
		... the amount of live video data will probably be the most important factor in the equation for determining the bandwidth. The end-users require a live video feed of at least 20 frames per second to control the unmanned platforms. Depending on the camera resolution and the compression technology, this will decide on the required		
	#	bandwidth.		
	#	(small) IR cameras [31%]		
		As the sensor will likely operate in difficult environmental conditions (dust, wet environments ...), it is essential that the sensor is well protected against dust and water and that the lens system can easily be cleaned.		

160 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS	NOTAS E OBSERVAÇÕES
061 CASCO	
<p>1 O projeto do casco da VENTSup-EN deverá estar preparado para ser estivado quer a bordo de meios navais hospedeiros, tais como, navios das classes Viana do Castelo, Tejo, D. Carlos I, quer a bordo de meios de transporte terrestre.</p> <p>2 Atendimento às características fortemente corrosivas e agressivas do meio marítimo e à estiva da embarcação semi-rígida no exterior do navio, considera-se que esta se destina a operar em condições ambientais severas</p> <p>3 Os materiais a usar o Casco deverão ter em conta a necessidade de elevada robustez, resistência à corrosão e minimização de manutenção;</p> <p>4 O casco do veículo deverá ser do tipo catamaran, estando ambos os cascos individuais separados de uma plataforma central modular;</p> <p>5 Deverá ter características que permitam a sua operação com capacidade de sobrevivência em condições de mar de "pequena vaga" (estado mar 3 na escala Douglas - até 1,25m de altura de vaga) e condições de vento "moderado" (4 na escala de Beaufort).</p> <p>6 O Veículo deve ter uma proteção de nível 8 para escape de líquidos (IP8: imersão acima de 1 m).</p> <p>7 O Veículo deverá ser dimensionado por forma a ter uma autonomia mínima de 5 horas, velocidade máxima (mínima 2 knts) à tonaça que exija menor velocidade.</p> <p>8 O Veículo deverá ser dimensionado por forma a ter um alcance mínimo de 2 milhas e ter uma referência de 5/10 milhas como alcance máximo.</p> <p>9 O deslocamento carregado deverá igual ou inferior à capacidade de carga máxima do meio hospedeiro com a capacidade mínima de estiva e manobra.</p>	<p>Deslocamento Leve e Deslocamento Carregado, de acordo com o definido na publicação da Marinha, (ITDNAV 802/IA), adaptada à presente plataforma é o seguinte:</p> <p>Deslocamento leve - VENTSup-EN completa, com todos os seus pertences na configuração de missão mais simples, incluindo material de apetreitamento, sensores e atuadores e hardware necessário, ferramentas e acessórios, mas sem combustível (caso seja movido a combustível fóssil), com baterias (caso seja movido a energia elétrica, materiais de consumo nos respectivos espaços de armazém, carga, passageiros, tripulação (se aplicável) e respetivo equipamento de trabalho e proteção individual.</p> <p>Deslocamento Carregado – adicionando à condição de Deslocamento Leve, os pesos referentes a 95% da capacidade do tanque de combustível (caso exista), capacidade total de materiais de consumo nos respectivos espaços de armazém, carga, passageiros e ainda o peso correspondente à configuração de missão mais complexa.</p>
<p>11 O Veículo deve ter inscrito a meia-nau, de ambos os bordos, as palavras "MARINHA - ESCOLA NAVAL" com letra de 80 a 100 mm de altura. Na aplicação das palavras "MARINHA - ESCOLA NAVAL" deve ser utilizada letra de cor que se realce face ao fundo, tipo "ARIAL" - (A DEFINIR)</p> <p>O Veículo deve ter inscrito na superestrutura, visível do ar, o logo da "A.N. S.A." com letra de 80 a 100 mm de altura. Na aplicação deste logo devem ser utilizados materiais que se realcem face ao fundo, tipo "ARIAL". Deverá também ter inscrito neste o logotipo do VENT-Sup em local a definir. (A DEFINIR)</p> <p>12 O veículo deve possuir iluminação prevista no Regulamento Internacional para Evitar Abaloamentos no Mar (IREAM) para embarcações das suas características, ou aproximadas.</p> <p>13 Elevada área de Superfície para acolhimento de módulos de diversas dimensões bem como um sistema SIMPLES de acoplar e instalar os diferentes módulos multi-missão.</p> <p>17 Possibilidade de cascos modulares: Plantarite ou de deslocamento mediante módulo instalado</p>	<p>NOTA: A definir</p> <p>NOTA: Sketch casco modular conceptual</p>

Requisitos Técnicos	LEGENDA DE PRIORIDADES		
	M Requisito Mandatório. Esta Característica têm de constar no sistema final. D Requisito Desejável. Esta característica deve constar no sistema final, exceto se o custo final seja muito elevado, a construção e integração complexas, face à mais-valia obtida. O Requisito Opcional. Esta característica pode constar no sistema final, dependendo do Gestor do Projeto. E Possível Evolução Futura. Esta característica é registada para que a ideia não seja perdida. A decisão de inclusão no sistema final dependerá do progresso dos requisitos Mandatórios.		
060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS		Notas e Observações	PRIORIDADE
062 INSTALAÇÃO PROPULSORA	1 Deverá ser dimensionada por forma a permitir uma velocidade máxima adequada à tarefa que exija maior velocidade. Se os segmentos de casco modular forem projetados, esta velocidade dependerá também se o casco modular instalado é planante ou de deslocamento.	NOTA: Requisitos de velocidade mínima retirados, dado a utilização de um motor elétrico na instalação propulsora. A velocidade máxima do VENT-Sup será determinada após o dimensionamento inicial e cálculo de potência necessária por forma a cumprir com uma relação performance-preço desejável.	M

Requisitos Técnicos		LEGENDA DE PRIORIDADES			
	M	Requisito Mandatório. Esta Característica têm de constar no sistema final.			
	D	Requisito Desejável. Esta característica deve constar no sistema final, exceto se o custo final seja muito elevado, a construção e integração complexas, face à mais -valia obtida.			
	O	Requisito Opcional. Esta característica pode constar no sistema final, dependendo do Gestor do Projeto.			
	E	Possível Evolução Futura. Esta característica é registada para que a ideia não seja perdida. A decisão de inclusão no sistema final dependerá do progresso dos requisitos Mandatórios.			
060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS			Notas e Observações	PRIORIDADE	
063 INSTALAÇÃO ELÉCTRICA	1	A instalação eléctrica deve ser efectuada com uma voltagem a definir , e obedecer ao estipulado no Decreto-Lei n.º 379/80, de 16 de Setembro e nos Decretos-Regulamentares n.ºs: 39/81, de 26 de Agosto; 32/83, de 20 de Abril; 73/84, de 13 de Setembro, em geral e ao Decreto-Regulamentar n.º 21/84 – “Regulamento de segurança das instalações eléctricas das embarcações de tensão até 50 volt”, de 28 de Fevereiro, em particular			D
	2	As cablagens devem ser estanques à água e resistentes à intempérie e desgaste mecânico. Os cabos ao nível do pavimento devem estar protegidos mecanicamente contra danos causados pelo calçado dos náuticos/operadores ou outros objectos a estivar no convés.			M
	3	Entre as baterias e o quadro eléctrico, onde se situarem os interruptores de alimentação dos diversos equipamentos, deve ser instalado um interruptor de corte geral (com capacidade múltipla).			D
063 - 1 INSTALAÇÃO ELÉCTRICA: BATERIAS	1	A capacidade das baterias deve ser adequada aos requisitos de autonomia do Veículo adicionada dos consumos dos equipamentos periféricos. Deve ser descontada a energia não consumível nas baterias e adicionada uma margem não inferior a 5%.			M
	2	Deve existir um sistema de sinalização que indique a situação de carga da(s) bateria(s)			PEF
	3	Devem ser baterias estanques de AGM ou “Solid-Gel” (o electrolito está embebido numa substância gelatinosa que não derrama);			D
	4	Permitirão o uso habitual em qualquer posição de trabalho;			D
	5	Não terão necessidade de manutenção;			D
	6	Estas baterias serão do tipo marítimo e terão as características standard para este tipo de baterias;			D
	7	O carregamento das baterias será com tensão constante, efectuado com um carregador portátil.			D
	8	A auto-descarga não deve ser superior a 15% da capacidade da bateria (à temperatura ambiente de 25 °C), após três meses de armazenamento.			D

Requisitos Técnicos	LEGENDA DE PRIORIDADES				
	M Requisito Mandatório. Esta Característica têm de constar no systema final.				
	D Requisito Desejável. Esta caracterísitica deve constar no sistema final, exceto se o custo final seja muito elevado, a construção e integração complexas, face à m				
	O Requisito Opcional. Esta caracterísitica pode constar no sistema final, dependendo do Gestor do Projeto.				
	E Possível Evolução Futura. Esta caracterísitica é registada para que a idéia não seja perdida. A decisão de inclusão no sistema final dependerá do progresso dos re				
060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS		Notas e Observações	PRIORIDADE		
064 COMANDO E VIGILÂNCIA	1 Não deverão ser necessários mais do que 2 a 3 operadores para ooperar os equipamentos autónomos.		,		
	2 O Veículo deve ser projectado e construído de modo a assegurar a máxima Compatibilidade Electro-Magnética (EMC) e a mínima Interferência Electro-Magnética (EMI) entre equipamentos.		,		
	3 Para se cumprir os requisitos de EMC/EMI, deve ser adoptada uma política activa pelo projectista e pelo construtor, efectuando um plano de passagem de toda a cablagem eléctrica ao longo de toda a embarcação, separando a cablagem de acordo com a sua natureza (rede de força e rede de sinal) e a respectiva capacidade potencial de causar interferências.		,		
	4 Os equipamentos do sistema de monitorização e comando da embarcação devem possuir uma classe de protecção mínima IP56.				

Requisitos Técnicos	LEGENDA DE PRIORIDADES				
	M Requisito Mandatório. Esta Característica têm de constar no systema final.				
	D Requisito Desejável. Esta caracterísitica deve constar no sistema final, exceto se o custo final seja muito elevado, a construção e integração complexas, face à mais -valia obti				
	O Requisito Opcional. Esta caracterísitica pode constar no sistema final, dependendo do Gestor do Projeto.				
	E Possível Evolução Futura. Esta caracterísitica é registada para que a idéia não seja perdida. A decisão de inclusão no sistema final dependerá do progresso dos requisitos Mand				
060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS		Notas e Observações	PRIORIDADE		
065 SISTEMAS AUXILIARES	1 Sistemas auxiliares instalados de forma modular com fácil integração.		O		

Requisitos Técnicos	LEGENDA DE PRIORIDADES				
	M Requisito Mandatório. Esta Característica têm de constar no systema final.				
	D Requisito Desejável. Esta caracterísitica deve constar no sistema final, exceto se o custo final seja muito elevado, a construção e integração complexas, face à mais -va				
	O Requisito Opcional. Esta caracterísitica pode constar no sistema final, dependendo do Gestor do Projeto.				
	E Possível Evolução Futura. Esta caracterísitica é registada para que a idéia não seja perdida. A decisão de inclusão no sistema final dependerá do progresso dos requisito				
060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS		Notas e Observações	PRIORIDADE		
092 REQUISITOS GERAIS PARA AS PROVAS, TESTES E ENSAIOS	1 Devem ser efectuadas provas globais à embarcação e aos seus sistemas e equipamentos para verificar o cumprimento dos requisitos estabelecidos nesta Especificação Técnica, bem como o correcto funcionamento de todos os sistemas e equipamentos.	NOTA: Provas a definir	M		
	2 Genericamente, a embarcação deve ser submetida a testes e provas que incluam pelo menos: a. verificação qualitativa do aprestamento e equipamentos; b. verificação do peso nas condições de deslocamento leve e deslocamento carregado; c. verificação do auto-adriçamento d. e. f. com todos os equipamentos estabelecidos, verificar inexistência de EMI que afectem a informação fornecida pelos sensores e a operação e condução normais dos equipamentos; no vários modos de veículo autónomo; g. verificação de velocidade e autonomia.		M		

11.2 Apêndice B – Dimensionamento Inicial (UCL)

		Peso	Volume											
		0.05	0.01000											
		Margem 5%												
		0.05	0.01											
Coeficientes de Forma													L/B	#DIV/0!
$M = L/\nabla^{(1/3)}$	4.4194													
$k_B = B/T$	0.6000			PASSO 1										
$C_B = \nabla/(L*B*T)$	0.6305			Volume de Carga (m³)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
C_p	0.5700			Peso de Carga (ton)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$C_w = (2C_p)/(1+C_p)$	0.7261			PASSO 2										
V_s	0.3000			p.v.f	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
				V (m³)	0.01	1.15	1.50	1.60	1.63	1.64	1.65	1.65	1.65	1.65
T/D	0.4118			PASSO 3										
L/B	9.5238			densidade (ton/m³)	0.30	0.09	0.17	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
L/Bt	1.9			Deslocamento D (ton)	0.00429	0.10	0.26	0.33	0.35	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37
				PASSO 4										
				densidade água do mar (ton/m³)	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
				Volume de deslocamento ∇ (m³)	0.004181	0.10	0.25	0.32	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36
L - comprimento (m)	3.135654			PASSO 5										
T - Calado (m)	0.548739	1.48648649		L - comprimento (m)	0.71	2.06	2.78	3.03	3.10	3.13	3.13	3.13	3.13	3.14
B - Boca (m)	0.329244			T - Calado (m)	0.12	0.36	0.49	0.53	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Main Hull Depth (m)	4.836113			B - Boca (m)	0.07	0.22	0.29	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Peso estrutura (ton)	0.263687			PASSO 6										
Volume estrutura (m³)	0.944360			Main Hull Volume Vm (m³)	0.01	0.80	1.05	1.12	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
L/B	9.523810			Volume da Super-estrutura (m³)	0.00	0.34	0.45	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
T/D	0.113467			PASSO 7										
Peso Total (ton)	0.366187	0.38449596		Main Hull Displacement	0.42	0.13	0.24	0.29	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Volume total (m³)	1.649049			PASSO 8										
KG	3.245516			Main Hull Depth (m)	0.83	7.60	5.51	5.03	4.89	4.85	4.84	4.84	4.84	4.84
Bt	1.646218			PASSO 9										
		0.0060641		Peso Motor(ton)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
				Volume Motor (m³)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
$M = L/\nabla^{(1/3)}$	4.419401													
$k_B = B/T$	0.600000													
$C_B = \nabla/(L*B*T)$	0.630496			PASSO 15										
				Densidade combustível (ton/m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				Peso combustível (ton)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				Volume Combustível (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L/B (%)	0.000000													
T/D (%)	-262.893722			PASSO 22										
				Peso estrutura (ton)	0.00	0.15	0.23	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
				Vn	-0.19	0.95	1.30	1.40	1.43	1.44	1.45	1.45	1.45	1.45
pvf	0.127346			Volume estrutura (m³)	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
				TOTAL										
				Peso Total (ton)	0.10	0.26	0.33	0.35	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
				Volume total (m³)	1.15	1.50	1.60	1.63	1.64	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
				DIFERENÇA										
				PT-D	0.10	0.15	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				VT-V	1.13	0.35	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

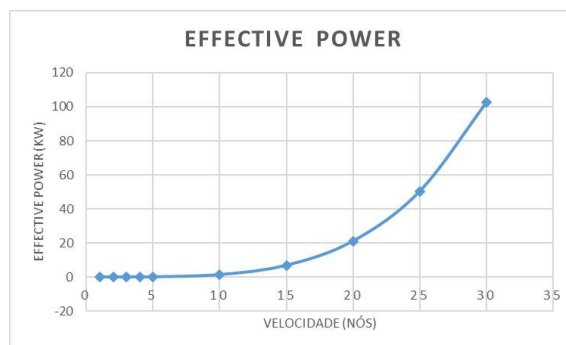
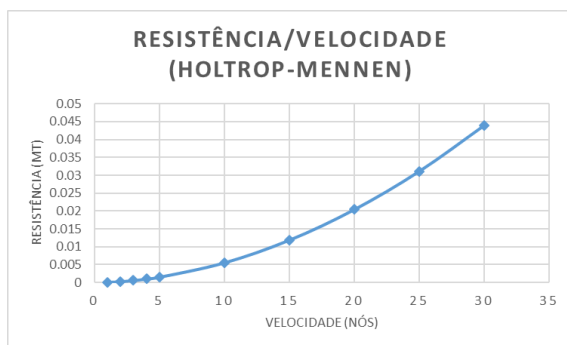
The image shows two logos. The top logo is for 'ARSENAL do ALFEITE', featuring a stylized blue 'A' with a horizontal bar. The bottom logo is for 'ESCOLA NAVAL', featuring a globe with a ship sailing on it, flanked by a crown on the left and a torch on the right, with the text 'Escola Naval' and 'Infante de D. Filippe' below.

Length at water line	LH	1.6	Coefficiente prismático (A/(Am*L*WL))	Cp	0.57	0.55-0.62	Lower - displacement speeds;higher - speeds over the hull speed
Calado	LWL	3.7	Deslocamento (volume água)	V	0.078910455		
Boca a linha de água 1 casco	LC	0.562319	Waterplane Coefficient (Aw/(BW*L*WL))	Cw	0.72		
Boca a linha de água 1 casco	BLW	0.3885	Longitudinal Wet Surface Area	Aw	1.034960305		
Ratio Length / Beam	L/B	5.5238	Deslocamento (kg)	mLW	161.7664334		
Boca estarmar todo (2 cascos)	BH	1.894717	Length / Displacement Ratio	LDR	6.846662183	6.7 performance cat	> 7 Racers
Boca máxima 1 casco	BCH	0.3885	Deslocamento vazio	mLCC	113.2365034		To adjust LDR and mLDC: Change LBR
Distância entre centros de cascos	BCH	1.177796	Deslocamento leve	B/L	129.4131467		
Ratio Bow Waterline / TC	BTR	2.38	Length / Beam Ratio (LH/BCH)	LBRC	1.9		
Midship Coefficient (Am/TC*BWL)	Cm	0.59	Transversal Stability	BMT	4.215244005		
Transversal wet surface area	Cm	0.071964	Longitudinal Stability	BMT	9.921399214		
Block Coefficient	Cb	0.3363	Minimum wet deck clearance loaded (0.06*L*WL)	DMT	0.222		
Hull Speed:	V	4.693434	Size Factor	SF	454.2943425		
	NB	3.3					
S		1.403713	Engine Power (KW)	Powering	4 KW/tonne		
			Hull Speed (knots)	Wm	0.63128342		
				Wm	4.483481713	(hull speed)	

[illegible][illegible]95

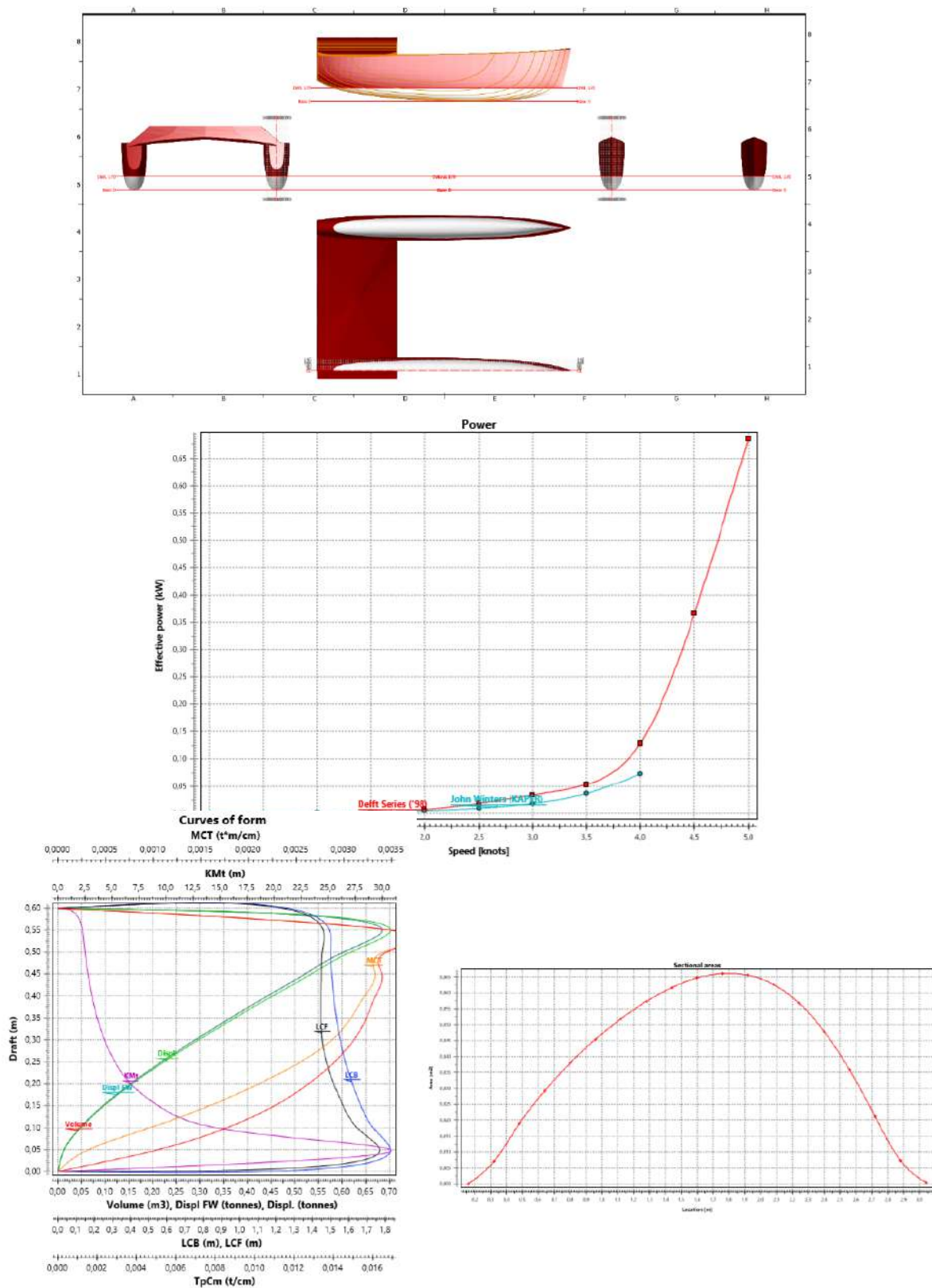
L	V	1+k1	Cstern	c13	c12	T/L	LR/L
3.35	1	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	2	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	3	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	4	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	5	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	10	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	15	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	20	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	25	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984
3.35	30	1.056017	0	1	0.498838	0.044118	0.421984

Rtotal	1+k1	RF	Rw	RTR	RA	Rapp	RB	V (nós)	PE	g	
7.66E-05	1.056017	6.04E-05	1.425E-13		0	1.28E-05	0	0	1	0.000199	9.81
0.000275	1.056017	0.000212	2.0097E-10		0	5.14E-05	0	0	2	0.002857	9.81
0.000584	1.056017	0.000443	2.4409E-09		0	0.000116	0	0	3	0.013638	9.81
0.000997	1.056017	0.000749	1.0729E-08		0	0.000205	0	0	4	0.041412	9.81
0.001512	1.056017	0.001127	2.7987E-08		0	0.000321	0	0	5	0.098108	9.81
0.005534	1.056017	0.004025	8.6388E-08		0	0.001284	0	0	10	1.436809	9.81
0.011862	1.056017	0.008497	1.4274E-07		0	0.002889	0	0	15	6.929347	9.81
0.020402	1.056017	0.014457	1.9025E-07		0	0.005135	0	0	20	21.18759	9.81
0.031094	1.056017	0.021846	2.284E-07		0	0.008024	0	0	25	50.45427	9.81
0.043893	1.056017	0.030622	2.5912E-07		0	0.011555	0	0	30	102.5603	9.81

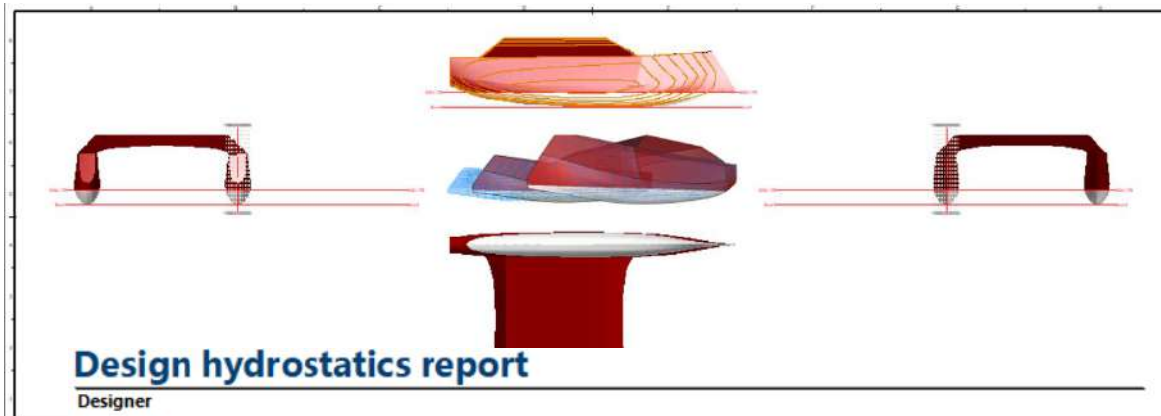
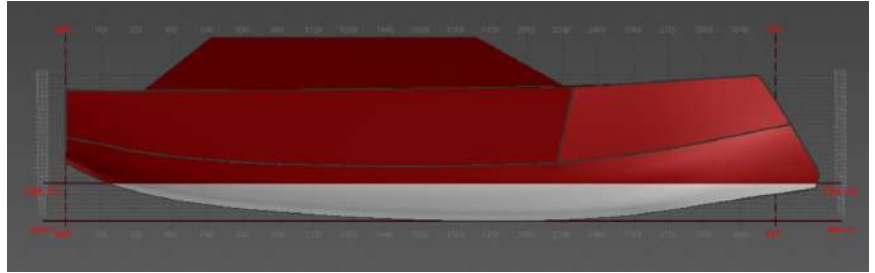
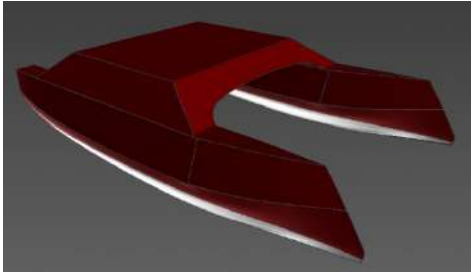


11.4 Apêndice D – Iterações do Modelo geométrico iniciais

11.4.1 VENT-Sup EN Mk. 0.1



11.4.2 VENT-Sup EN Mk.0.2



Design hydrostatics report

Designer

Created by

Comment

Filename

Deslocamento - Arranjado.fbm

Design length	3,200 (m)	Midship location	1,600 (m)
Length over all	3,395 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,315 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	3,900 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,170 (m)		

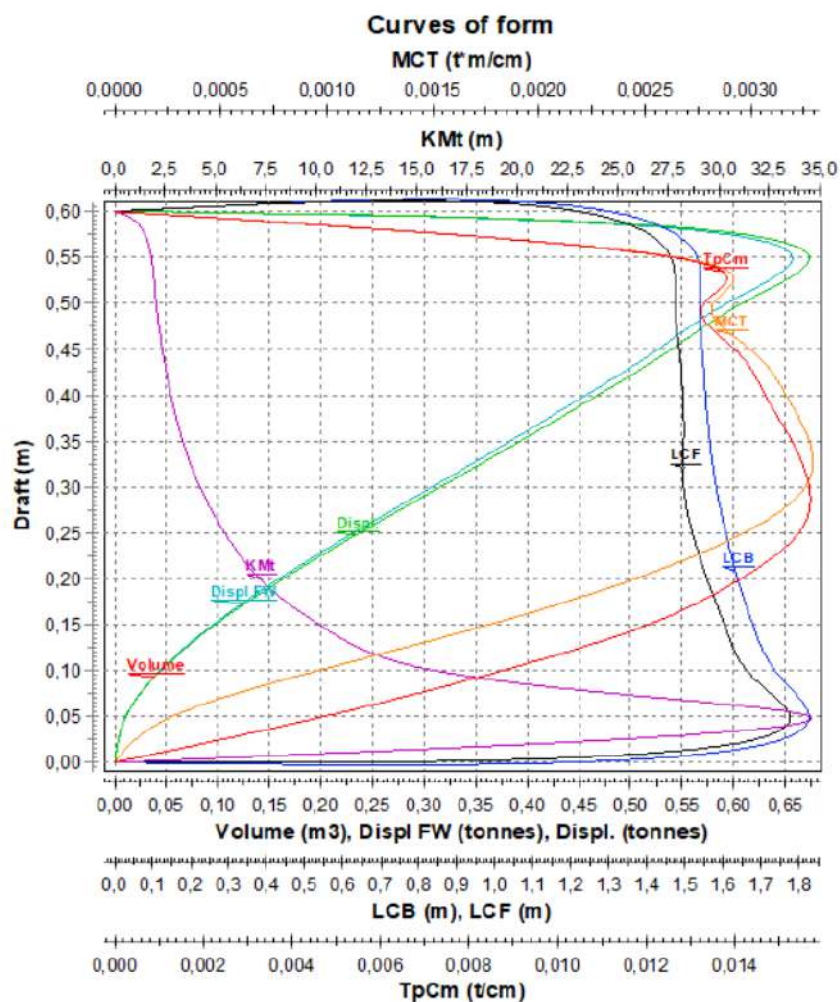
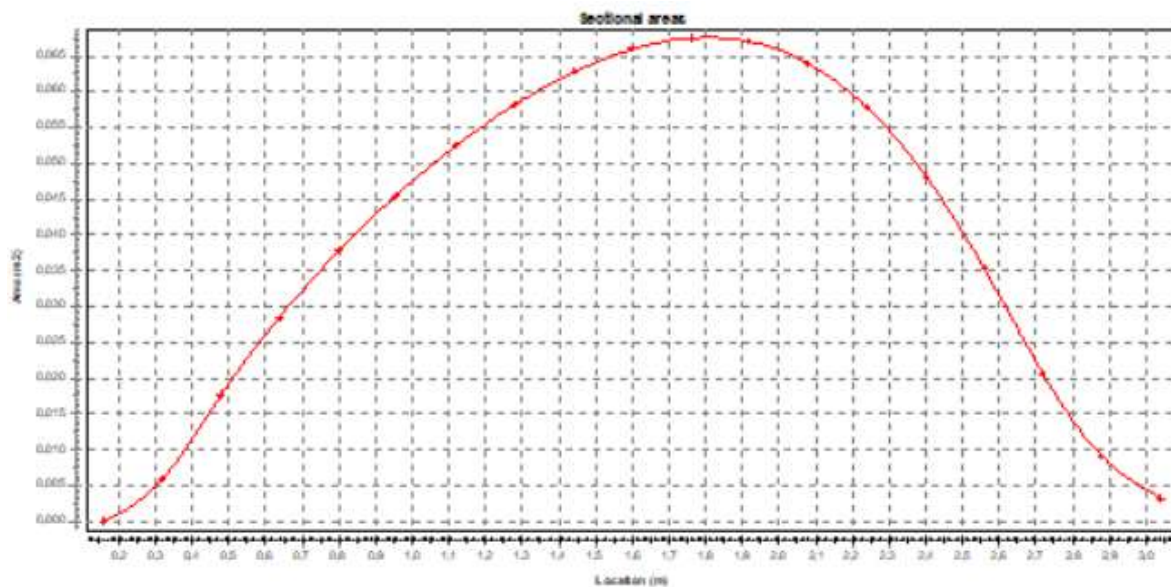
Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	0,120 (m ³)	Length on waterline	3,187 (m)
Total displaced volume	0,120 (m ³)	Beam on waterline	2,084 (m)
Displacement	0,123 (tonnes)	Entrance angle	1,324 (Degr.)
Block coefficient	0,6977	Waterplane area	1,270 (m ²)
Prismatic coefficient	0,5670	Waterplane coefficient	1,2596
Vert. prismatic coefficient	0,5539	Waterplane center of floatation	1,584 (m)
Wetted surface area	2,107 (m ²)	Transverse moment of inertia	1,035 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,661 (m)	Longitudinal moment of inertia	0,644 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,914 %		
Vertical center of buoyancy	0,111 (m)		

Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,066 (m ²)	Transverse metacentric height	8,768 (m)
Midship coefficient	1,2305	Longitudinal metacentric height	5,501 (m)

Lateral plane	
Lateral area	0,375 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,782 (m)
Vertical center of effort	0,101 (m)

The following layer properties are calculated for both sides of the ship

Location	Area	Thickness	Weight	LCG	TCG	VCG
	(m ²)	(m)	(tonnes)	(m)	(m)	(m)
Layer 0	12,997	0,000	0,000	1,535	0,900 (PS)	0,471



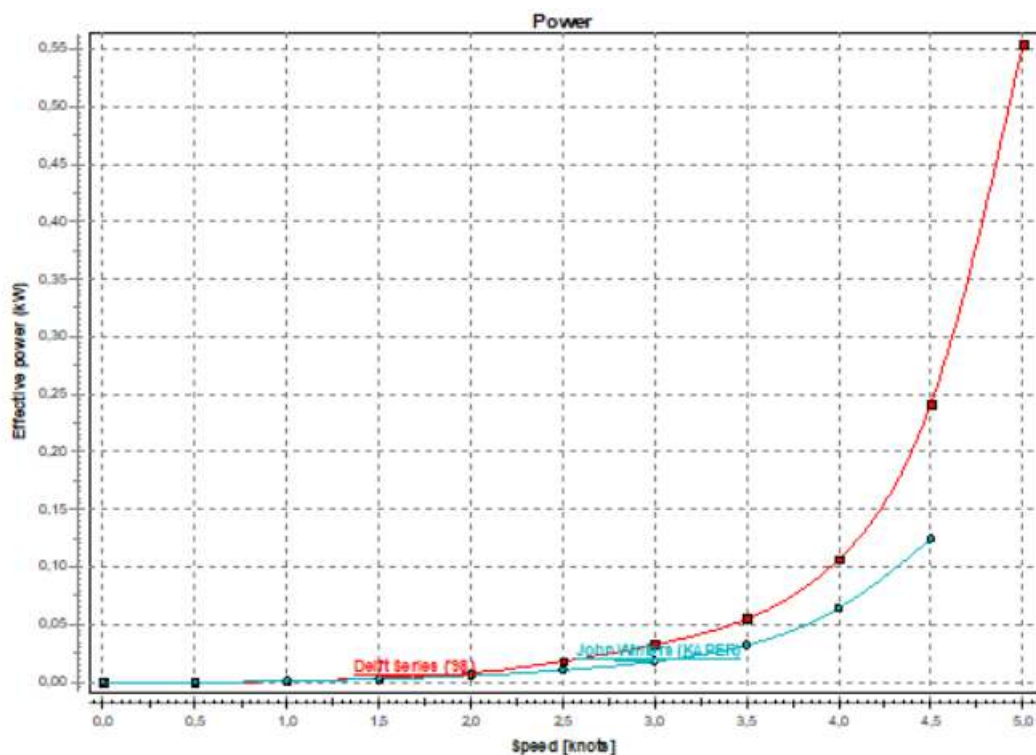
Resistance calculations.

Delft Series ('98).

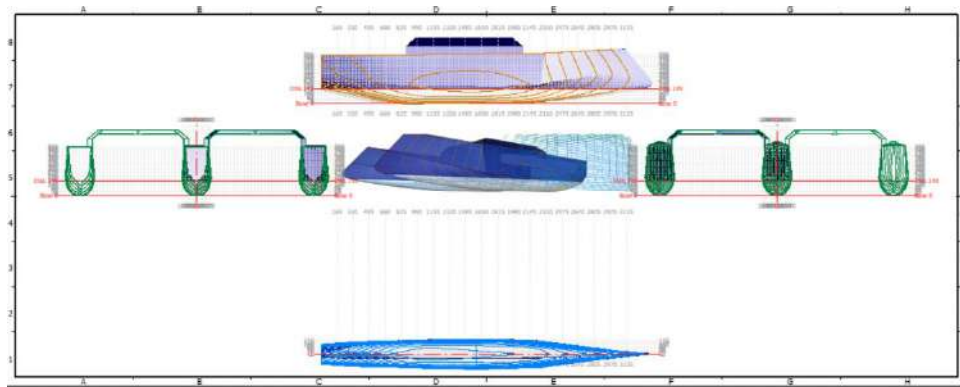
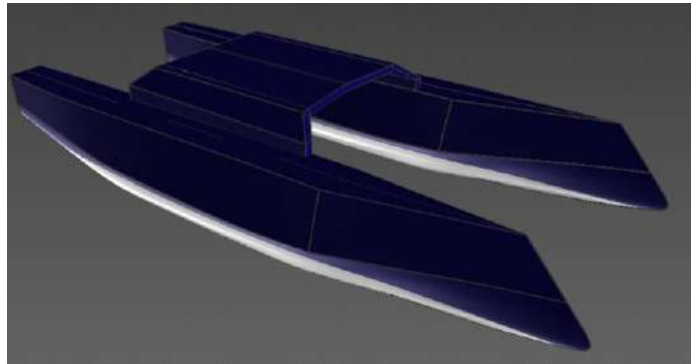
Resistance according to Delft Series ('98)						
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance	Effective power
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN	(kW)
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000
0,50	0,257	0,055	0,0004	0,0000	0,0004	0,000
1,00	0,514	0,109	0,0014	0,0000	0,0014	0,001
1,50	0,772	0,164	0,0029	0,0010	0,0039	0,003
2,00	1,029	0,218	0,0048	0,0027	0,0075	0,008
2,50	1,286	0,273	0,0072	0,0067	0,0139	0,018
3,00	1,543	0,328	0,0100	0,0110	0,0210	0,032
3,50	1,801	0,382	0,0132	0,0172	0,0304	0,055
4,00	2,058	0,437	0,0168	0,0350	0,0518	0,107
4,50	2,315	0,491	0,0208	0,0833	0,1042	0,241
5,00	2,572	0,546	0,0252	0,1901	0,2153	0,554

John Winters (KAPER).

Resistance according to John Winters (KAPER)					
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
0,50	0,257	0,046	0,0004	0,0000	0,0004
1,00	0,514	0,091	0,0014	0,0001	0,0015
1,50	0,772	0,137	0,0029	0,0003	0,0032
2,00	1,029	0,183	0,0048	0,0006	0,0054
2,50	1,286	0,228	0,0072	0,0008	0,0080
3,00	1,543	0,274	0,0100	0,0016	0,0115
3,50	1,801	0,320	0,0132	0,0045	0,0177
4,00	2,058	0,365	0,0168	0,0143	0,0311
4,50	2,315	0,411	0,0208	0,0328	0,0536



11.4.3 VENT-Sup EN Mk.0.3



VENT-Sup EN

Designer	Rui Nuno Pereira Pinto da Costa		
Created by	Rui Nuno Pereira Pinto da Costa		
Comment	3 meter unmanned catamaran		
Filename	New Hull fixed.fbm		
Design length	3,300 (m)	Midship location	1,650 (m)
Length over all	3,402 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,350 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	0,309 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,148 (m)		

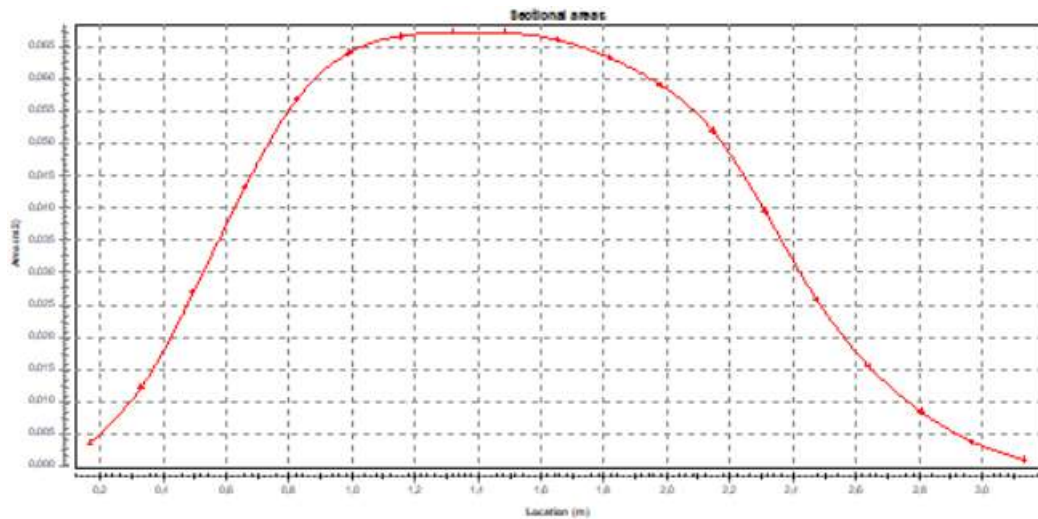
Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	0,123 (m ³)	Length on waterline	3,297 (m)
Total displaced volume	0,123 (m ³)	Beam on waterline	1,494 (m)
Displacement	0,126 (tonnes)	Entrance angle	76,783 (Degr.)
Block coefficient	0,7183	Waterplane area	1,271 (m ²)
Prismatic coefficient	0,5615	Waterplane coefficient	1,1005
Vert. prismatic coefficient	0,6527	Waterplane center of flotation	1,495 (m)
Wetted surface area	2,119 (m ²)	Transverse moment of inertia	0,464 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,493 (m)	Longitudinal moment of inertia	0,655 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-4,750 %		
Vertical center of buoyancy	0,090 (m)		

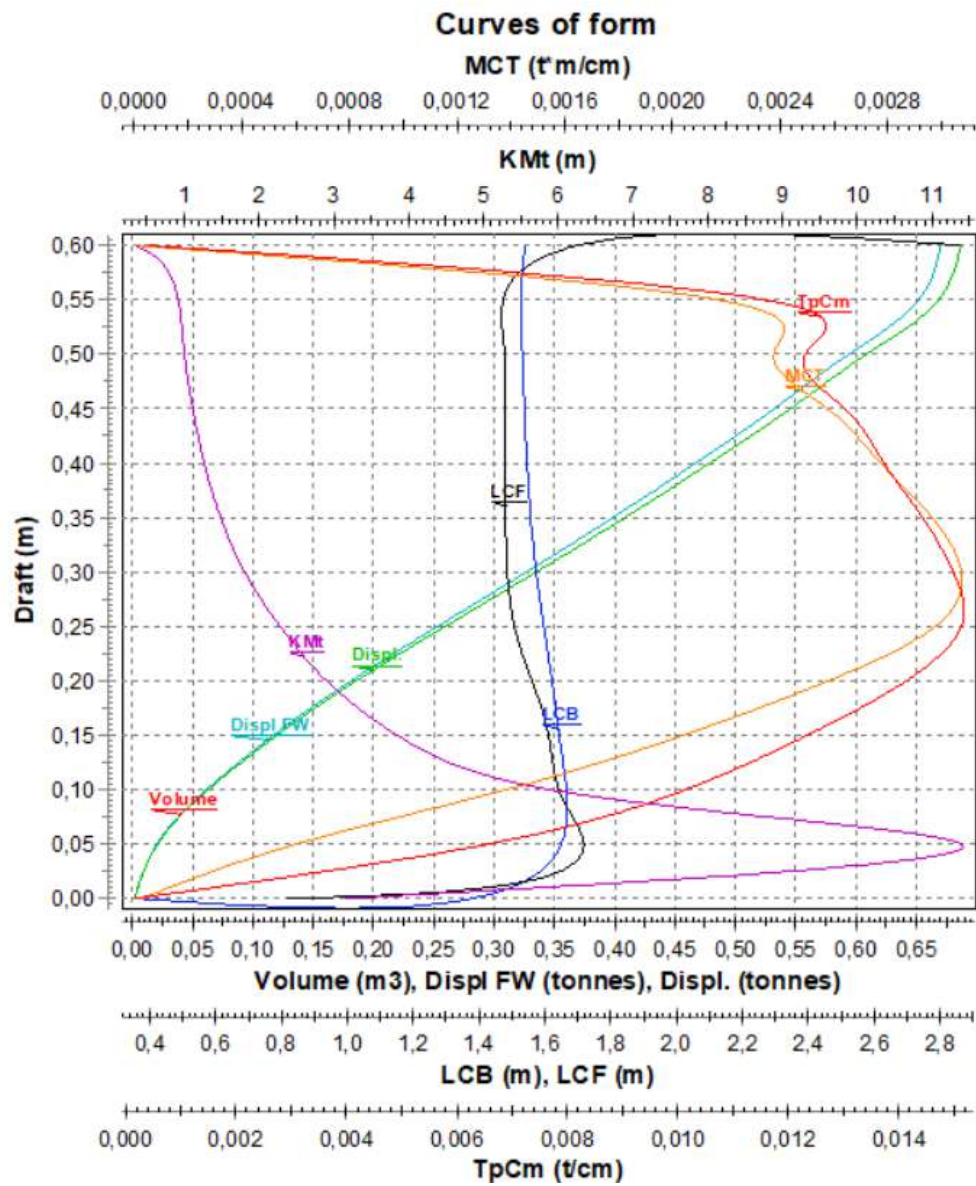
Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,066 (m ²)	Transverse metacentric height	3,877 (m)
Midship coefficient	1,2794	Longitudinal metacentric height	5,433 (m)

Lateral plane	
Lateral area	0,365 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,536 (m)
Vertical center of effort	0,084 (m)

The following layer properties are calculated for both sides of the ship

Location	Area (m ²)	Thickness (m)	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Layer 0	11,679	0,000	0,000	1,542	-0,598 (SB)	0,383



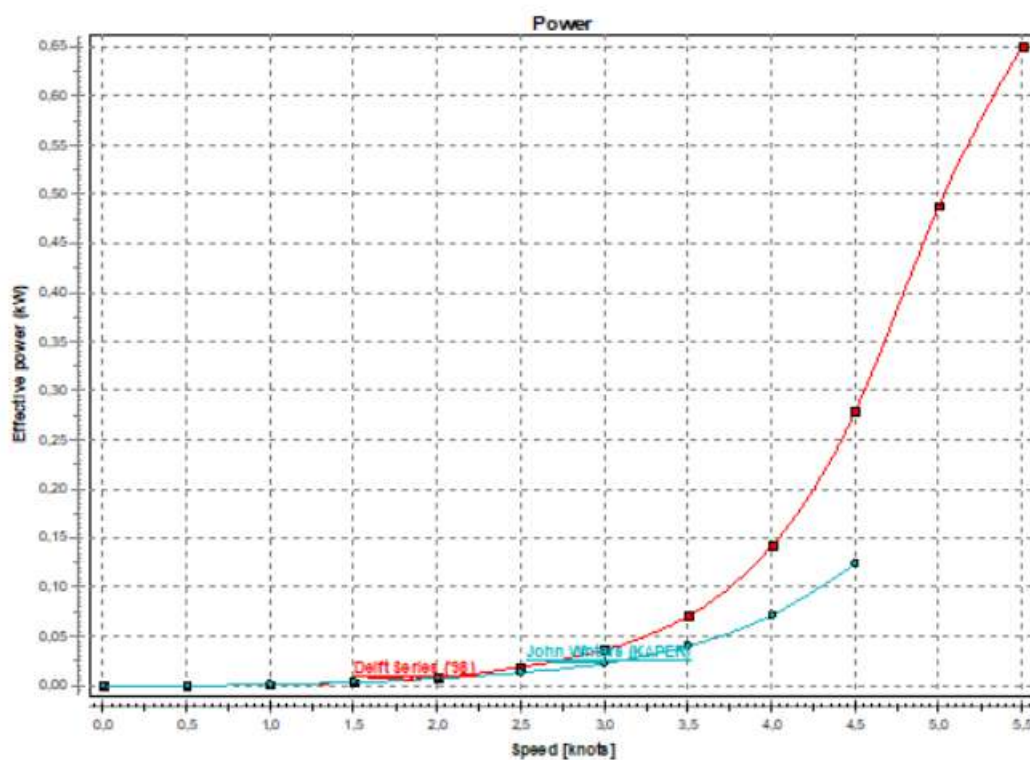


Delft Series ('98).

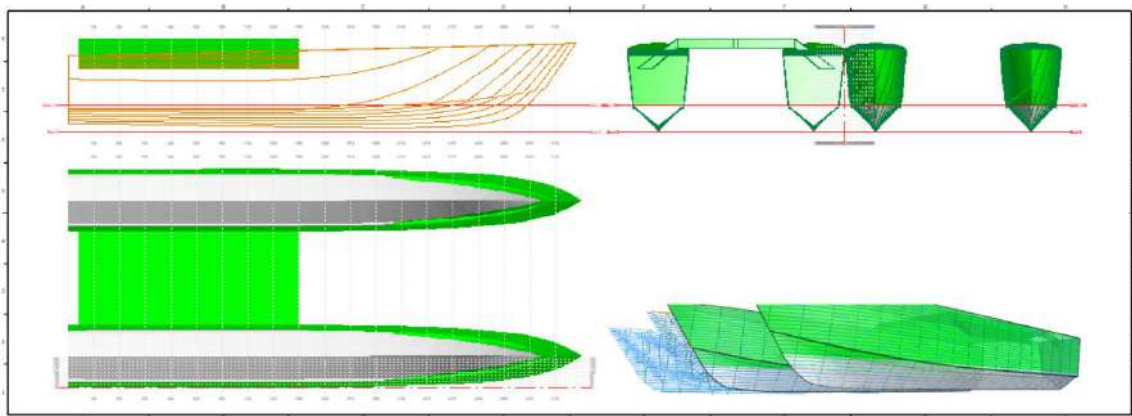
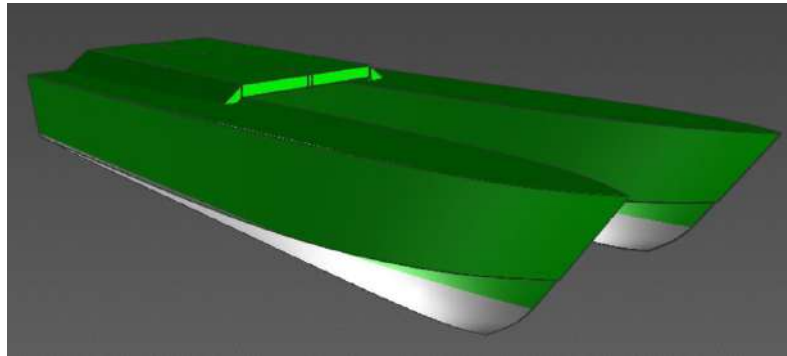
Resistance according to Delft Series ('98)						
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance	Effective power
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN	(kW)
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000
0,50	0,257	0,054	0,0005	0,0000	0,0005	0,000
1,00	0,514	0,108	0,0018	0,0000	0,0018	0,001
1,50	0,772	0,162	0,0037	0,0000	0,0037	0,003
2,00	1,029	0,216	0,0062	0,0016	0,0078	0,008
2,50	1,286	0,270	0,0093	0,0052	0,0145	0,019
3,00	1,543	0,324	0,0130	0,0105	0,0235	0,036
3,50	1,801	0,378	0,0172	0,0221	0,0392	0,071
4,00	2,058	0,432	0,0219	0,0471	0,0689	0,142
4,50	2,315	0,486	0,0271	0,0935	0,1206	0,279
5,00	2,572	0,540	0,0328	0,1571	0,1900	0,489
5,50	2,829	0,594	0,0391	0,1910	0,2301	0,651

John Winters (KAPER).

Resistance according to John Winters (KAPER)					
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
0,50	0,257	0,045	0,0005	0,0000	0,0005
1,00	0,514	0,090	0,0018	0,0001	0,0019
1,50	0,772	0,136	0,0037	0,0004	0,0041
2,00	1,029	0,181	0,0062	0,0006	0,0069
2,50	1,286	0,226	0,0093	0,0009	0,0102
3,00	1,543	0,271	0,0130	0,0016	0,0146
3,50	1,801	0,316	0,0172	0,0053	0,0225
4,00	2,058	0,362	0,0219	0,0128	0,0347
4,50	2,315	0,407	0,0271	0,0265	0,0536



11.4.4 VENT-Sup EN Mk.0.3-2 (Conceito de Casco Planante)



Design hydrostatics report

Designer

Created by

Comment

Filename

PlaringHull.fbm

Design length	3,300 (m)	Midship location	1,650 (m)
Length over all	3,300 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,400 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	2,798 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,170 (m)		

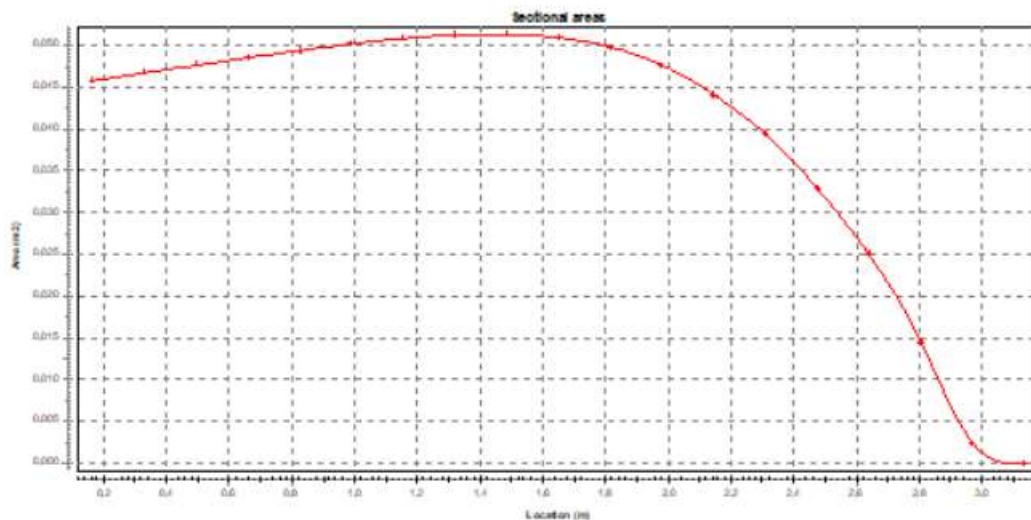
Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	0,127 (m³)	Length on waterline	3,042 (m)
Total displaced volume	0,127 (m³)	Beam on waterline	1,328 (m)
Displacement	0,130 (tonnes)	Entrance angle	0,000 (Degr.)
Block coefficient	0,5665	Waterplane area	1,665 (m²)
Prismatic coefficient	0,7566	Waterplane coefficient	1,2617
Vert. prismatic coefficient	0,4490	Waterplane center of floatation	1,300 (m)
Wetted surface area	2,610 (m²)	Transverse moment of inertia	0,429 (m⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,326 (m)	Longitudinal moment of inertia	0,998 (m⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-10,668 %		
Vertical center of buoyancy	0,120 (m)		

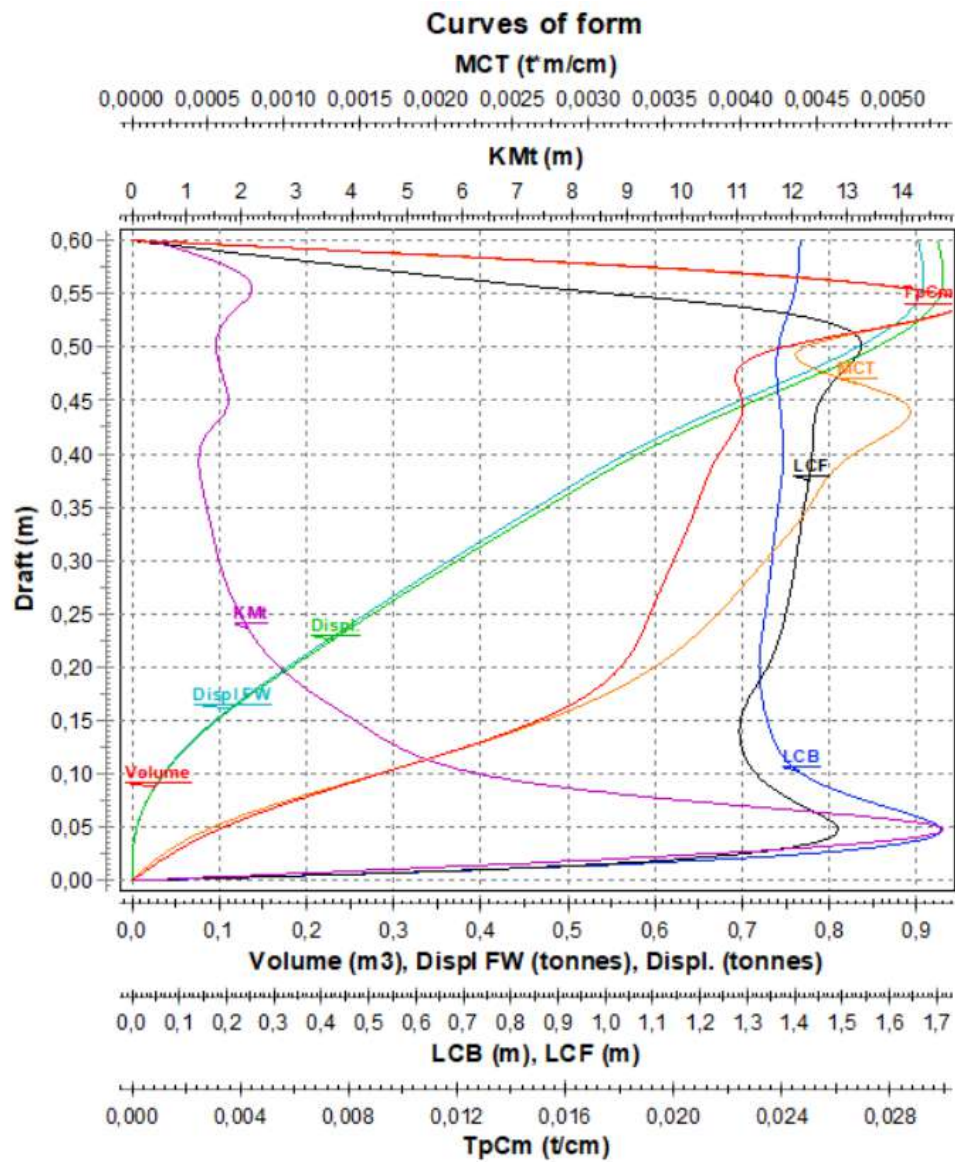
Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,051 (m²)	Transverse metacentric height	3,498 (m)
Midship coefficient	0,7487	Longitudinal metacentric height	7,967 (m)

Lateral plane	
Lateral area	0,000 (m²)
Longitudinal center of effort	0,000 (m)
Vertical center of effort	0,000 (m)

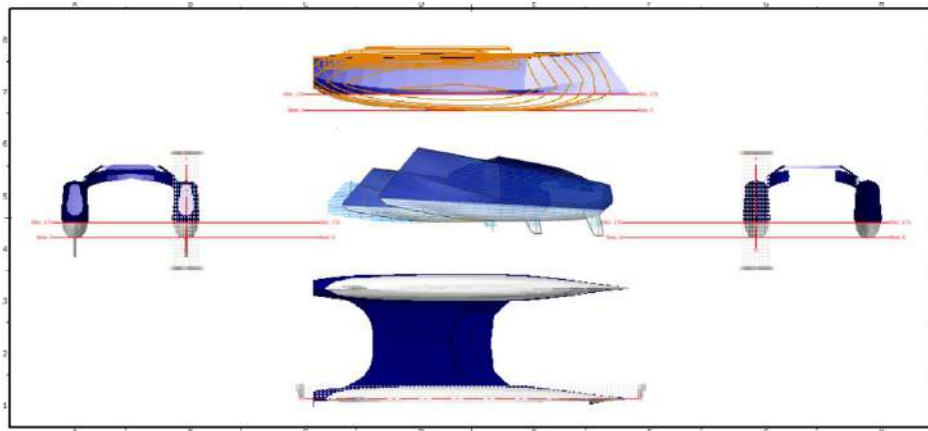
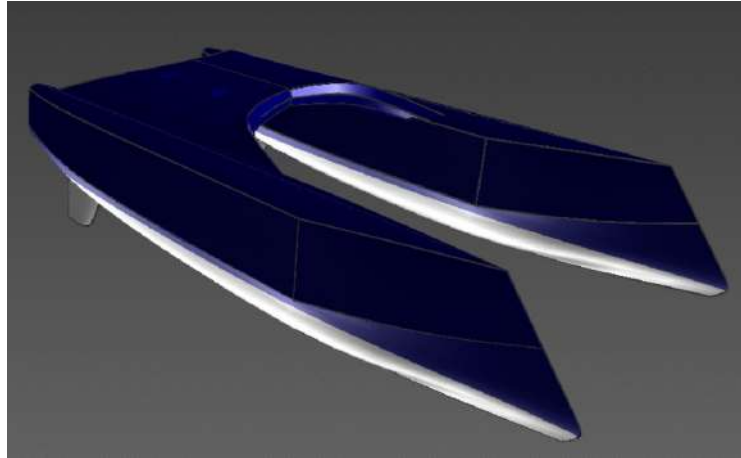
The following layer properties are calculated for both sides of the ship

Location	Area (m²)	Thickness (m)	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Layer 0	9,809	0,000	0,000	1,522	0,700 (PS)	0,323
Layer 2	9,077	0,000	0,000	0,772	0,000 (CL)	0,533
Total	18,886		0,000	0,000	0,000 (CL)	0,000





11.4.5 VENT-Sup EN Mk. 0.4



Design hydrostatics report

Designer

Created by

Comment

Filename

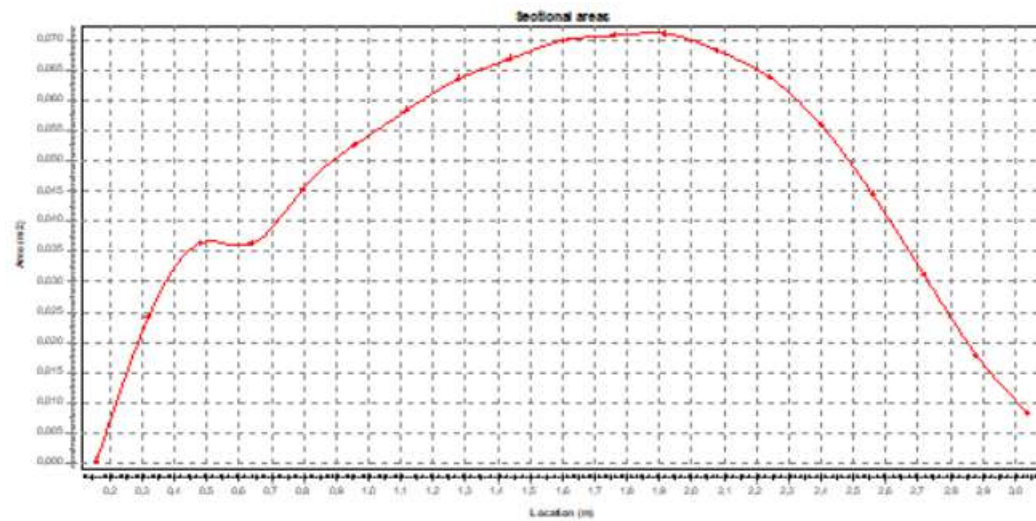
MKII JUST the Module Example.fbm

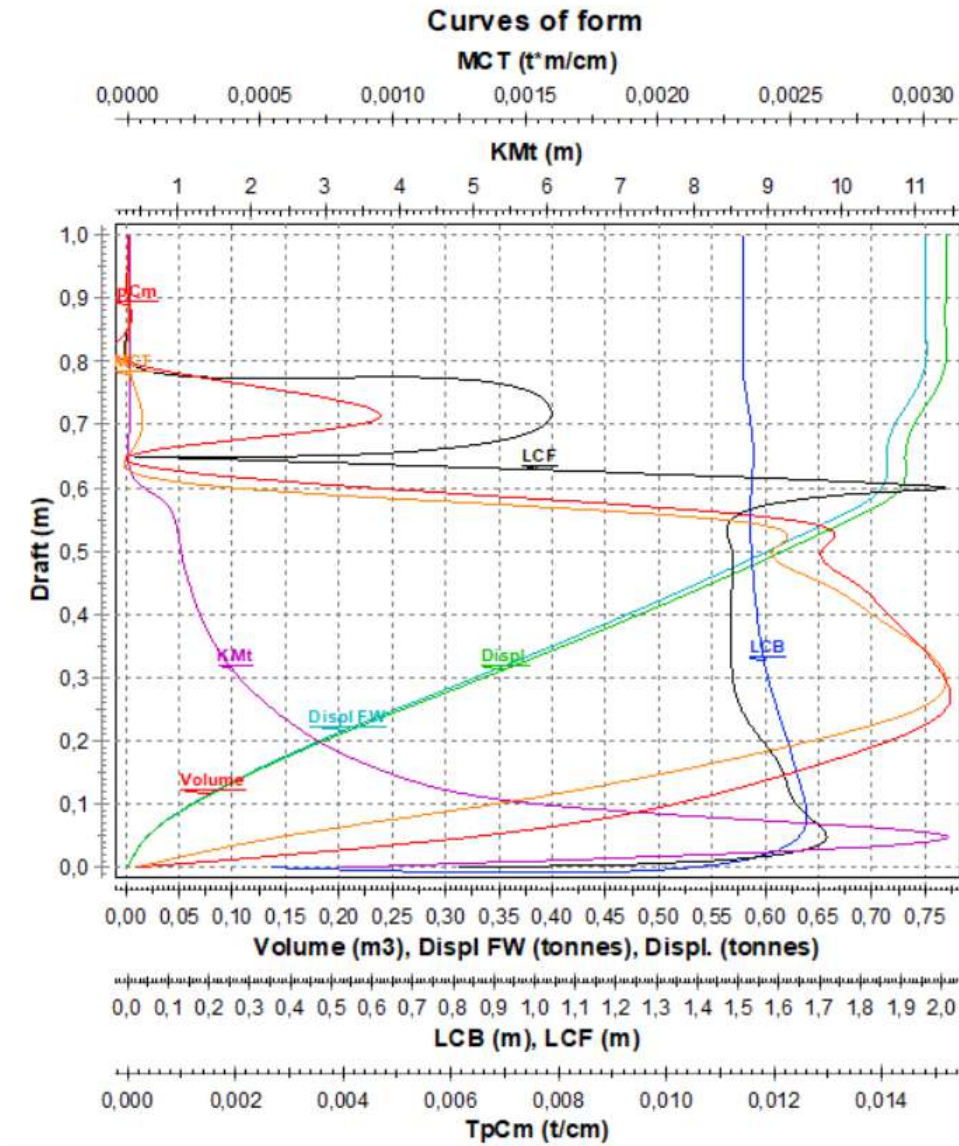
Design length	3,300 (m)	Midship location	1,650 (m)
Length over all	3,407 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,315 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	2,687 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,170 (m)		

Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	0,142 (m ³)	Length on waterline	3,270 (m)
Total displaced volume	0,142 (m ³)	Beam on waterline	1,468 (m)
Displacement	0,145 (tonnes)	Entrance angle	3,320 (Degr.)
Block coefficient	0,8013	Waterplane area	1,276 (m ²)
Prismatic coefficient	0,6110	Waterplane coefficient	1,2277
Vert. prismatic coefficient	0,6527	Waterplane center of floatation	1,590 (m)
Wetted surface area	2,813 (m ²)	Transverse moment of inertia	0,465 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,636 (m)	Longitudinal moment of inertia	0,731 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-0,436 %		
Vertical center of buoyancy	0,103 (m)		

Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,070 (m ²)	Transverse metacentric height	3,388 (m)
Midship coefficient	1,3115	Longitudinal metacentric height	5,268 (m)

Lateral plane	
Lateral area	0,530 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,499 (m)
Vertical center of effort	0,077 (m)





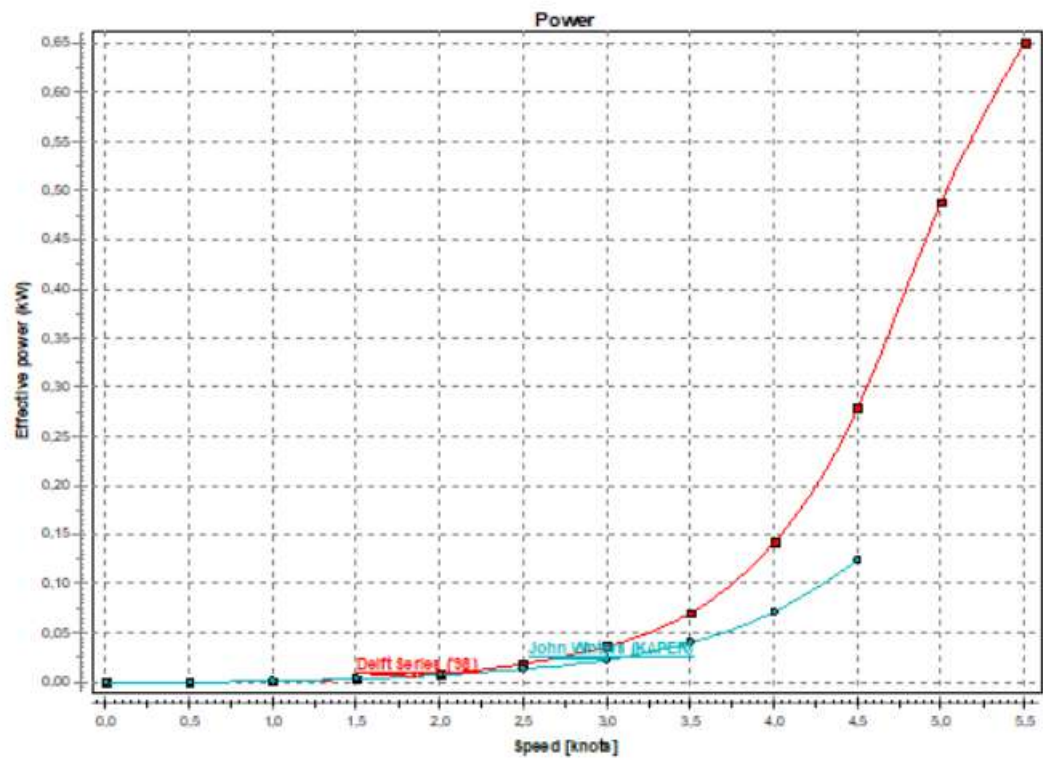
Resistance calculations.

Delft Series ('98).

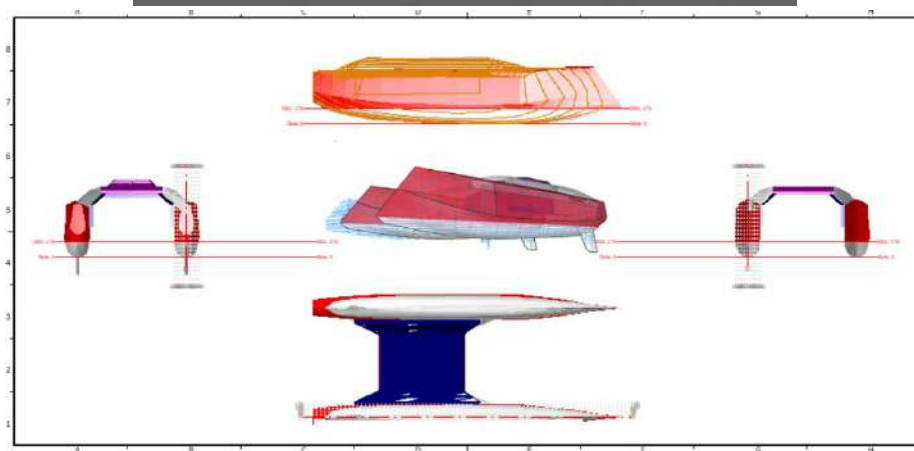
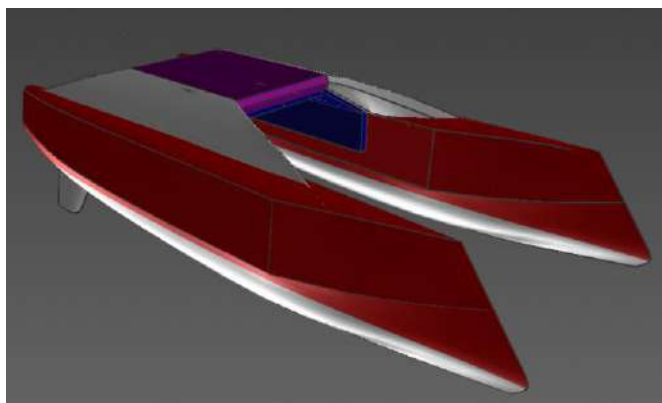
Resistance according to Delft Series ('98)							
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance	Effective power	
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN	(kW)	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
0,50	0,257	0,054	0,0005	0,0000	0,0005	0,000	
1,00	0,514	0,108	0,0018	0,0000	0,0018	0,001	
1,50	0,772	0,162	0,0037	0,0000	0,0037	0,003	
2,00	1,029	0,216	0,0062	0,0016	0,0078	0,008	
2,50	1,286	0,270	0,0093	0,0052	0,0145	0,019	
3,00	1,543	0,324	0,0130	0,0105	0,0235	0,036	
3,50	1,801	0,378	0,0171	0,0220	0,0392	0,071	
4,00	2,058	0,432	0,0218	0,0470	0,0689	0,142	
4,50	2,315	0,486	0,0270	0,0935	0,1205	0,279	
5,00	2,572	0,540	0,0328	0,1571	0,1899	0,488	
5,50	2,829	0,594	0,0390	0,1911	0,2300	0,651	

John Winters (KAPER).

Resistance according to John Winters (KAPER)						
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance	
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	
0,50	0,257	0,045	0,0005	0,0000	0,0005	
1,00	0,514	0,090	0,0018	0,0001	0,0019	
1,50	0,772	0,136	0,0037	0,0004	0,0041	
2,00	1,029	0,181	0,0062	0,0007	0,0069	
2,50	1,286	0,226	0,0093	0,0009	0,0102	
3,00	1,543	0,271	0,0130	0,0017	0,0146	
3,50	1,801	0,316	0,0171	0,0053	0,0225	
4,00	2,058	0,362	0,0218	0,0128	0,0347	
4,50	2,315	0,407	0,0270	0,0264	0,0534	



11.4.6 VENT-Sup EN Mk. 0.5



Design hydrostatics report

Designer

Created by

Comment

Filename

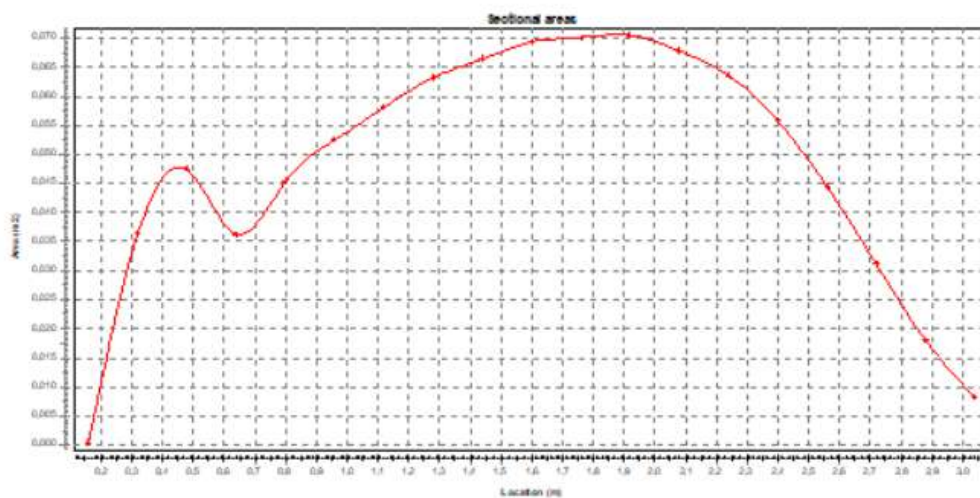
SolidworksHull.fbm

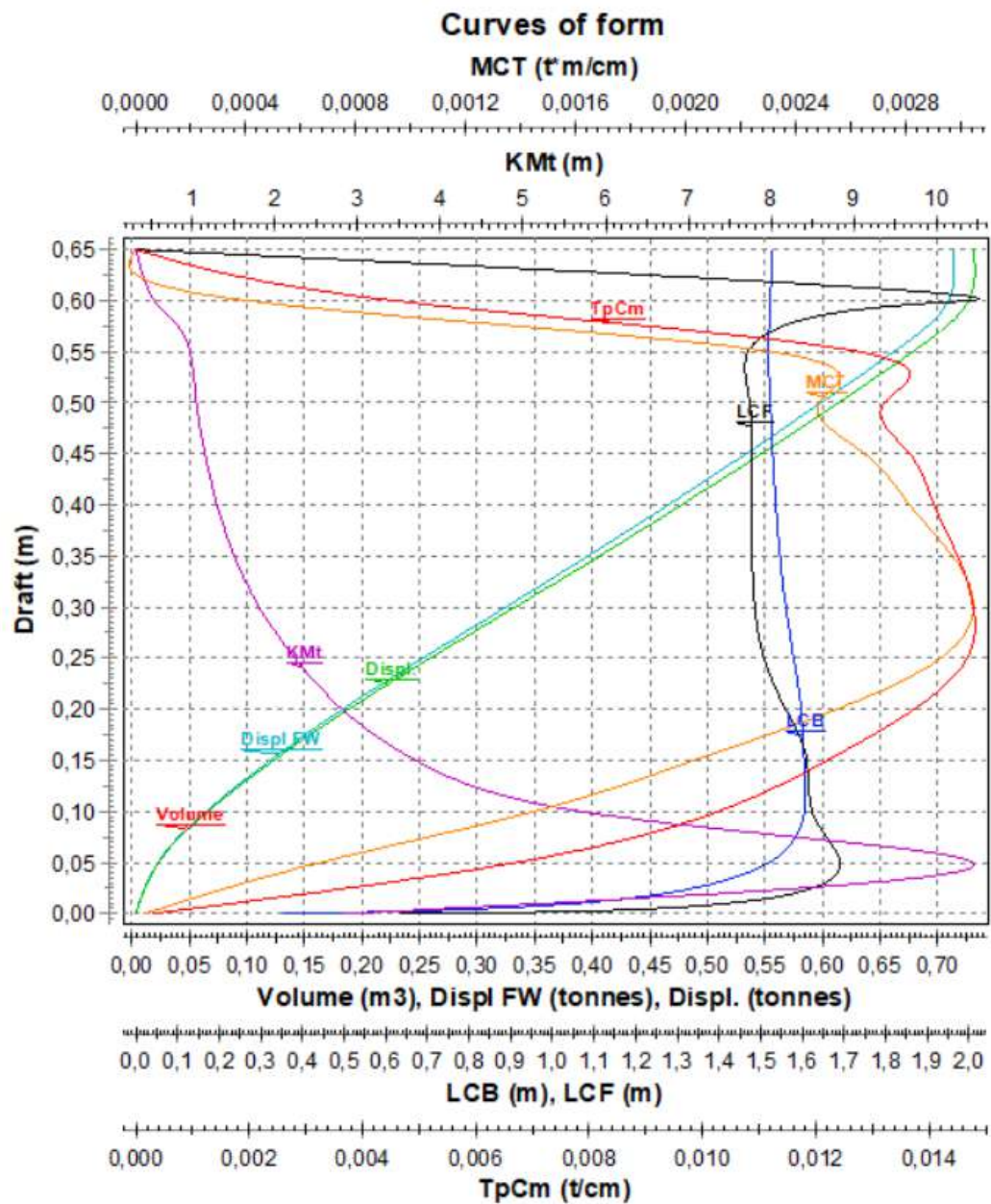
Design length	3,300 (m)	Midship location	1,650 (m)
Length over all	3,407 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,315 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	2,687 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,170 (m)		

Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	0,145 (m ³)	Length on waterline	3,270 (m)
Total displaced volume	0,145 (m ³)	Beam on waterline	1,468 (m)
Displacement	0,148 (tonnes)	Entrance angle	3,320 (Degr.)
Block coefficient	0,8187	Waterplane area	1,254 (m ²)
Prismatic coefficient	0,6292	Waterplane coefficient	1,2061
Vert. prismatic coefficient	0,6788	Waterplane center of floatation	1,590 (m)
Wetted surface area	3,271 (m ²)	Transverse moment of inertia	0,460 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,603 (m)	Longitudinal moment of inertia	0,727 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-1,423 %		
Vertical center of buoyancy	0,100 (m)		

Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,070 (m ²)	Transverse metacentric height	3,280 (m)
Midship coefficient	1,3013	Longitudinal metacentric height	5,123 (m)

Lateral plane	
Lateral area	0,634 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,316 (m)
Vertical center of effort	0,063 (m)



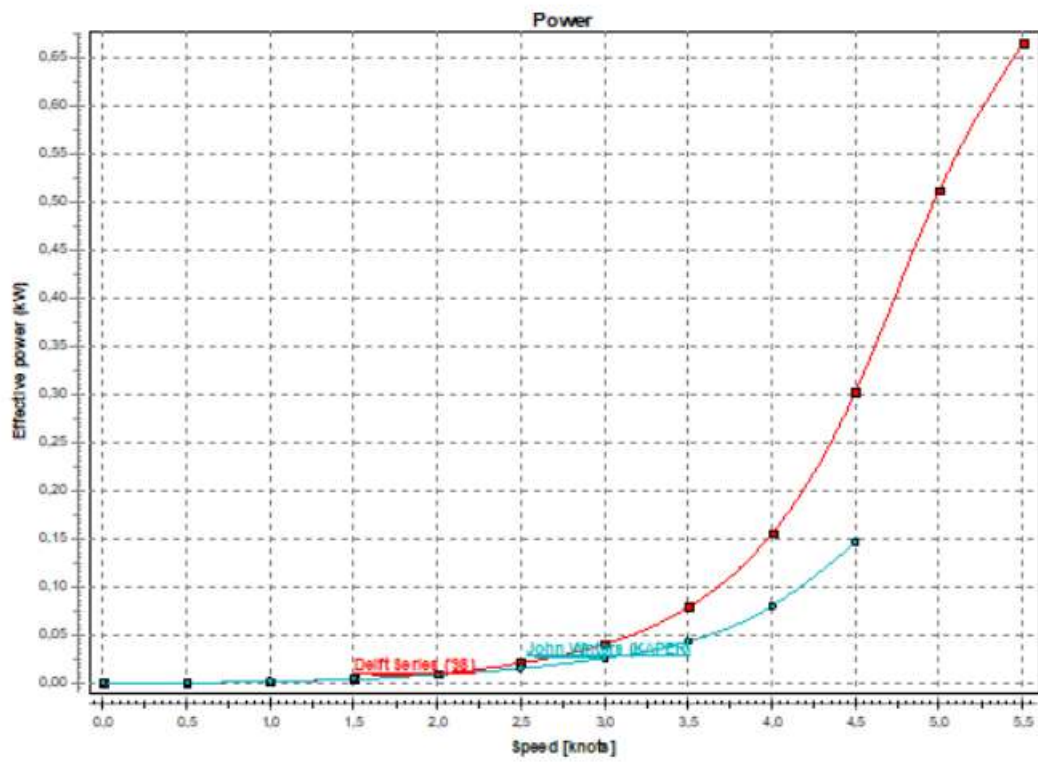


Delft Series ('98).

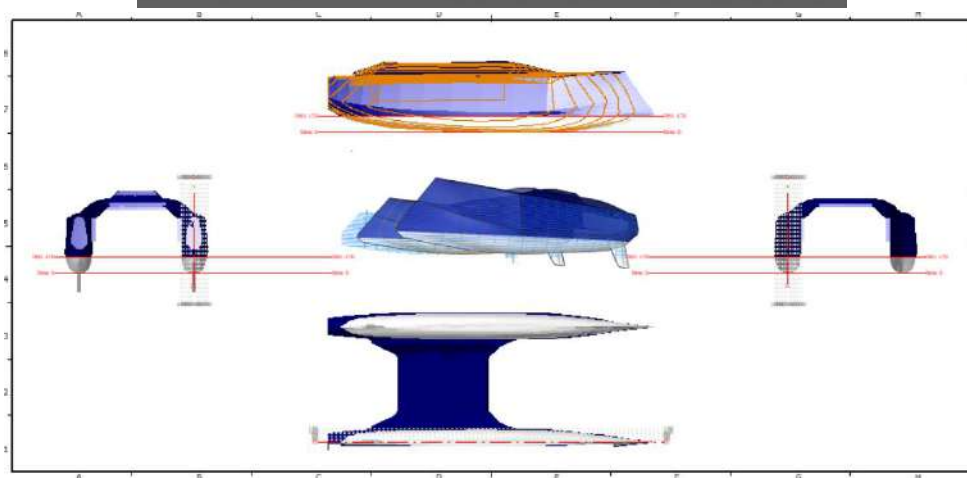
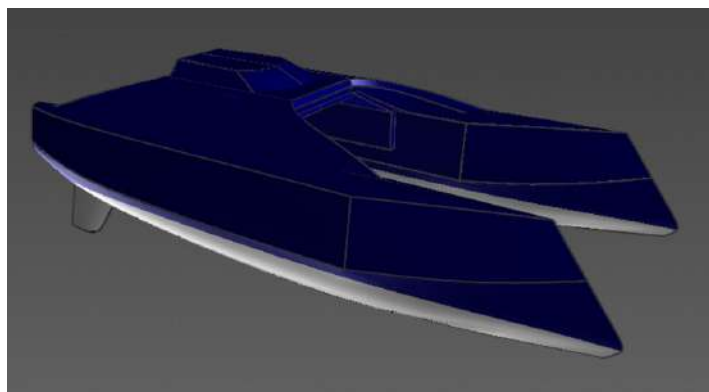
Resistance according to Delft Series ('98)							
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance	Effective power	
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN	(kW)	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
0,50	0,257	0,054	0,0006	0,0000	0,0006	0,000	
1,00	0,514	0,108	0,0021	0,0000	0,0021	0,001	
1,50	0,772	0,162	0,0043	0,0000	0,0043	0,003	
2,00	1,029	0,216	0,0072	0,0014	0,0085	0,009	
2,50	1,286	0,270	0,0107	0,0051	0,0158	0,020	
3,00	1,543	0,324	0,0149	0,0109	0,0258	0,040	
3,50	1,801	0,378	0,0197	0,0238	0,0435	0,078	
4,00	2,058	0,432	0,0251	0,0502	0,0753	0,155	
4,50	2,315	0,486	0,0311	0,0997	0,1308	0,303	
5,00	2,572	0,540	0,0377	0,1613	0,1989	0,512	
5,50	2,829	0,594	0,0448	0,1902	0,2350	0,665	

John Winters (KAPER).

Resistance according to John Winters (KAPER)						
Speed	Speed	Froude number	Frictional resistance	Residual resistance	Total resistance	
(kn.)	(m/s)		kN	kN	kN	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	
0,50	0,257	0,045	0,0006	0,0000	0,0006	
1,00	0,514	0,090	0,0021	0,0001	0,0022	
1,50	0,772	0,136	0,0043	0,0003	0,0046	
2,00	1,029	0,181	0,0072	0,0006	0,0077	
2,50	1,286	0,226	0,0107	0,0008	0,0115	
3,00	1,543	0,271	0,0149	0,0014	0,0163	
3,50	1,801	0,316	0,0197	0,0040	0,0237	
4,00	2,058	0,362	0,0251	0,0135	0,0387	
4,50	2,315	0,407	0,0311	0,0318	0,0630	



11.4.7 VENT-Sup EN Mk. 0.6



Design hydrostatics report

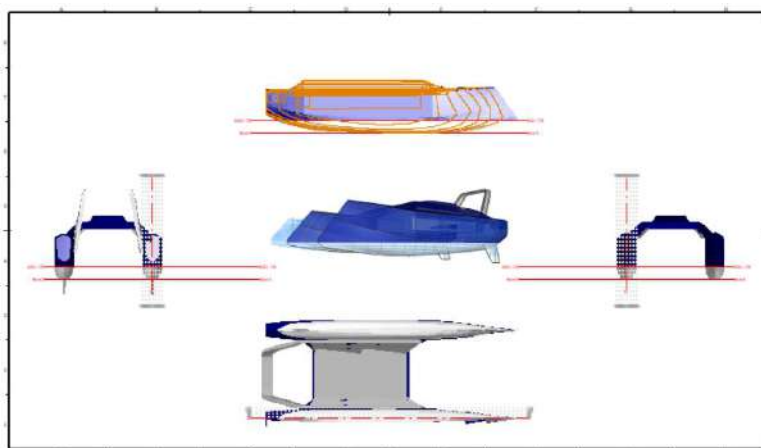
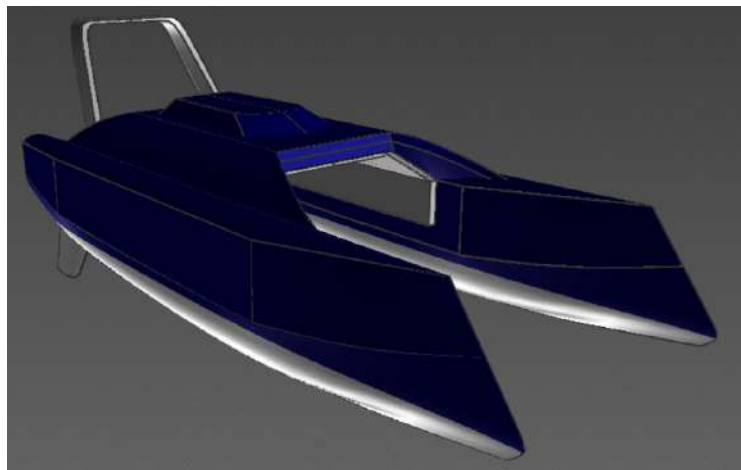
Designer			
Created by			
Comment			
Filename		Hull for building.fbm	
Design length	3,300 (m)	Midship location	1,650 (m)
Length over all	3,407 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,315 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	2,687 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,170 (m)		

Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	0,145 (m ³)	Length on waterline	3,270 (m)
Total displaced volume	0,145 (m ³)	Beam on waterline	1,468 (m)
Displacement	0,148 (tonnes)	Entrance angle	3,320 (Degr.)
Block coefficient	0,8187	Waterplane area	1,254 (m ²)
Prismatic coefficient	0,6292	Waterplane coefficient	1,2061
Vert. prismatic coefficient	0,6788	Waterplane center of floatation	1,590 (m)
Wetted surface area	3,271 (m ²)	Transverse moment of inertia	0,460 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,603 (m)	Longitudinal moment of inertia	0,727 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-1,423 %		
Vertical center of buoyancy	0,100 (m)		

Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,070 (m ²)	Transverse metacentric height	3,280 (m)
Midship coefficient	1,3013	Longitudinal metacentric height	5,123 (m)

Lateral plane	
Lateral area	0,634 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,316 (m)
Vertical center of effort	0,063 (m)

11.4.8 VENT-Sup EN Mk. 1.0



Design hydrostatics report

Designer

Created by

Comment

Filename

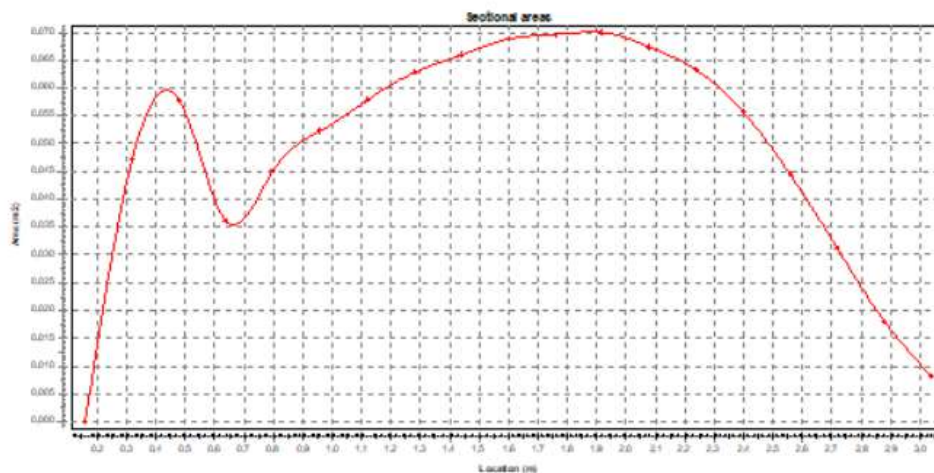
BackupFixed26Feb.fbm

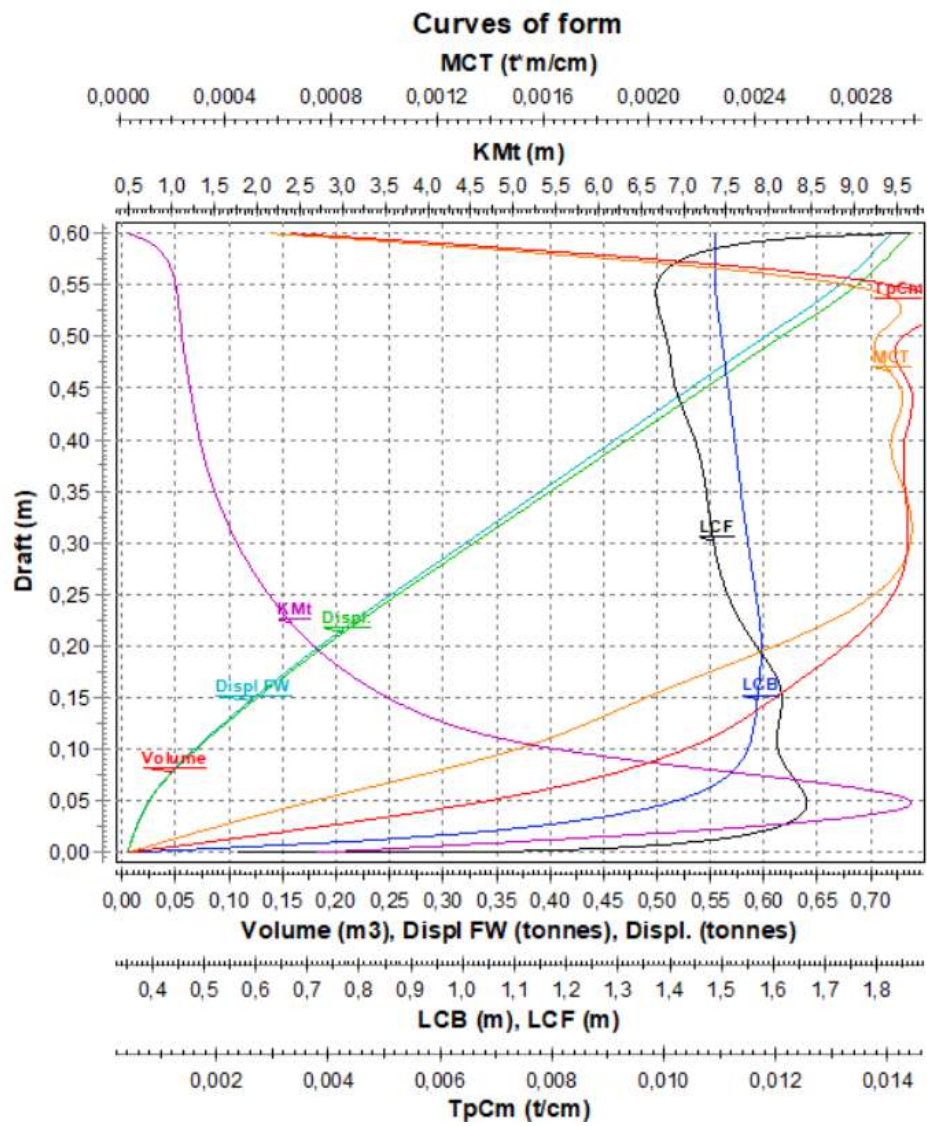
Design length	3,300 (m)	Midship location	1,650 (m)
Length over all	3,467 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,315 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	2,654 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,170 (m)		

Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	0,147 (m ³)	Length on waterline	3,254 (m)
Total displaced volume	0,147 (m ³)	Beam on waterline	1,451 (m)
Displacement	0,151 (tonnes)	Entrance angle	3,322 (Degr.)
Block coefficient	0,8337	Waterplane area	1,224 (m ²)
Prismatic coefficient	0,6458	Waterplane coefficient	1,1774
Vert. prismatic coefficient	0,7081	Waterplane center of floatation	1,598 (m)
Wetted surface area	3,719 (m ²)	Transverse moment of inertia	0,446 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,576 (m)	Longitudinal moment of inertia	0,709 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-2,277 %		
Vertical center of buoyancy	0,097 (m)		

Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,069 (m ²)	Transverse metacentric height	3,122 (m)
Midship coefficient	1,2910	Longitudinal metacentric height	4,911 (m)

Lateral plane	
Lateral area	0,736 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,186 (m)
Vertical center of effort	0,053 (m)





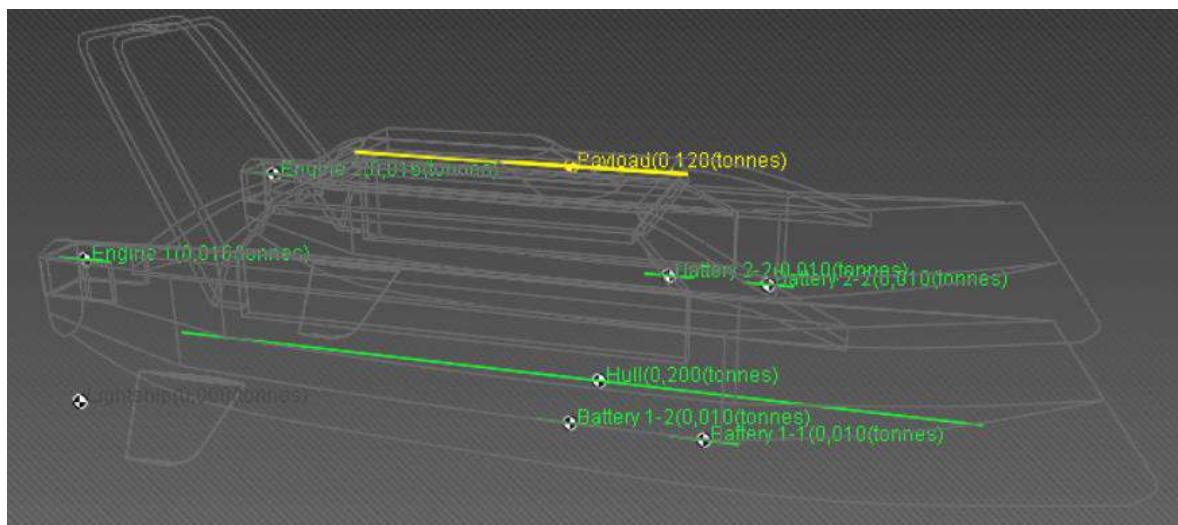
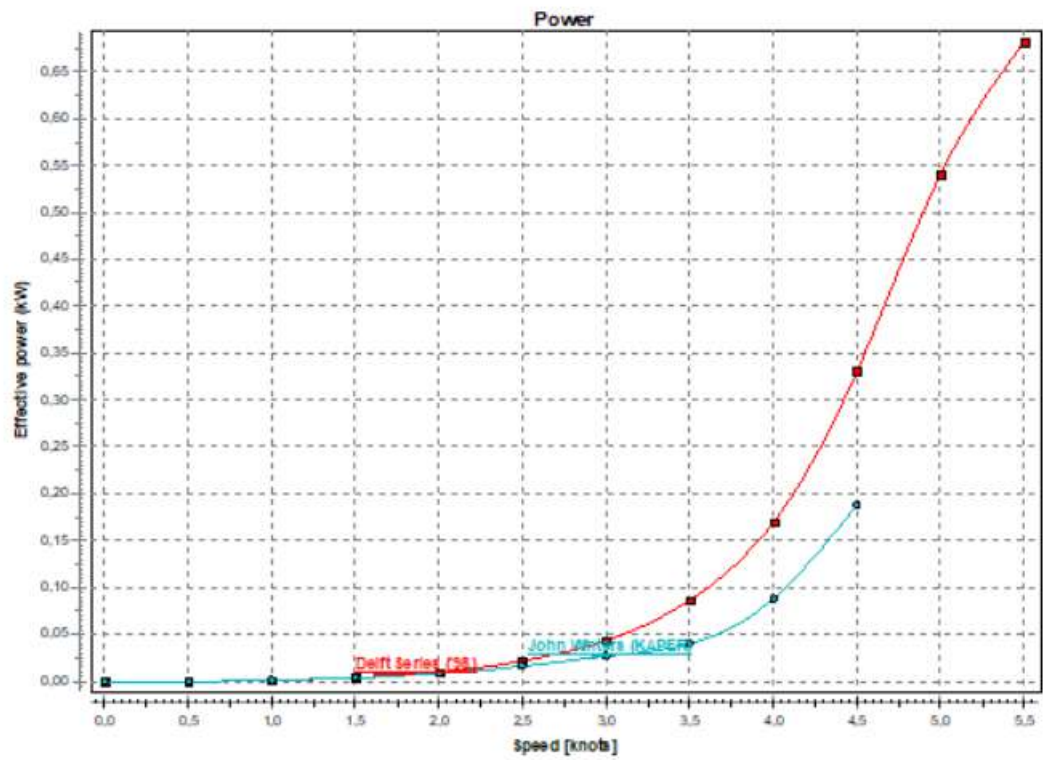
Resistance calculations.

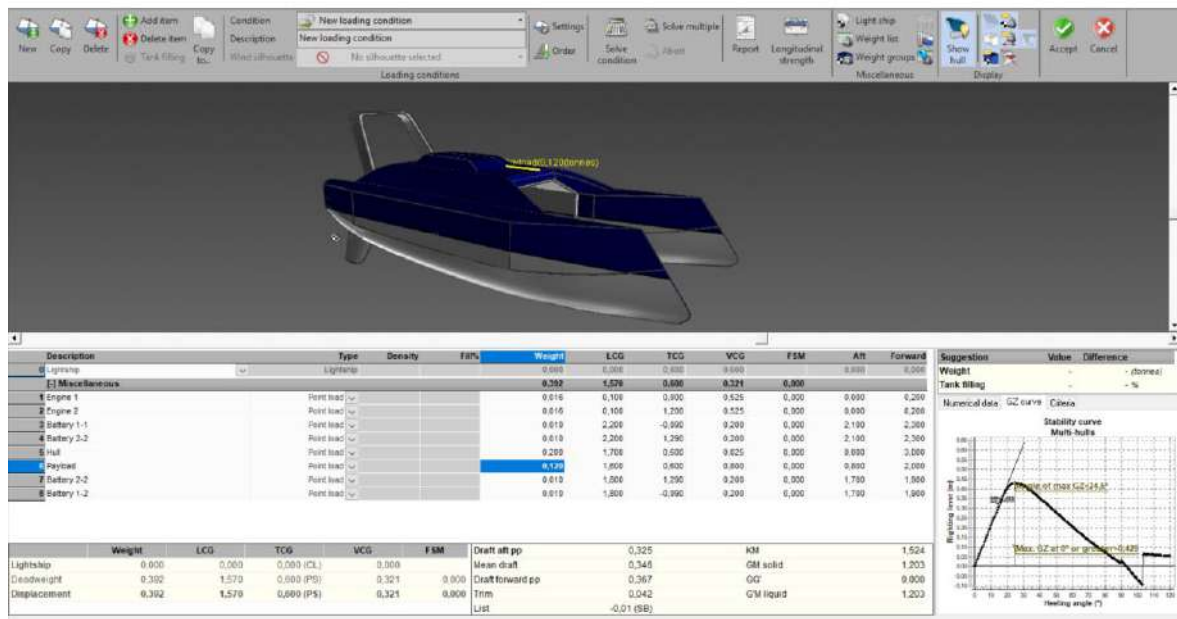
Delft Series ('98).

Resistance according to Delft Series ('98)						
Speed (kn.)	Speed (m/s)	Froude number	Frictional resistance kN	Residual resistance kN	Total resistance kN	Effective power (kW)
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000
0,50	0,257	0,054	0,0007	0,0000	0,0007	0,000
1,00	0,514	0,108	0,0023	0,0000	0,0023	0,001
1,50	0,772	0,162	0,0048	0,0000	0,0048	0,004
2,00	1,029	0,217	0,0081	0,0012	0,0093	0,010
2,50	1,286	0,271	0,0121	0,0050	0,0171	0,022
3,00	1,543	0,325	0,0168	0,0113	0,0281	0,043
3,50	1,801	0,379	0,0222	0,0258	0,0481	0,087
4,00	2,058	0,433	0,0283	0,0540	0,0823	0,169
4,50	2,315	0,487	0,0351	0,1077	0,1428	0,331
5,00	2,572	0,541	0,0425	0,1677	0,2102	0,541
5,50	2,829	0,595	0,0506	0,1903	0,2409	0,682

John Winters (KAPER).

Resistance according to John Winters (KAPER)					
Speed (kn.)	Speed (m/s)	Froude number	Frictional resistance kN	Residual resistance kN	Total resistance kN
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
0,50	0,257	0,045	0,0007	0,0000	0,0007
1,00	0,514	0,091	0,0023	0,0000	0,0024
1,50	0,772	0,136	0,0048	0,0001	0,0049
2,00	1,029	0,181	0,0081	0,0002	0,0083
2,50	1,286	0,226	0,0121	0,0005	0,0126
3,00	1,543	0,272	0,0168	0,0006	0,0174
3,50	1,801	0,317	0,0222	0,0000	0,0222
4,00	2,058	0,362	0,0283	0,0145	0,0428
4,50	2,315	0,408	0,0351	0,0461	0,0812





New loading condition

Designer

Created by

Comment

Filename

BackupFixed26Feb.fbm

Design length	3,300 (m)	Midship location	1,650 (m)
Length over all	3,467 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	0,315 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	2,654 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,170 (m)		

Hydrostatic particulars

List	0,0 (SB) (Degr.)	GG'	0,000 (m)
Draft aft pp	0,325 (m)	VCG'	0,321 (m)
Mean moulded draft	0,346 (m)	Max VCG'	0,590 (m)
Draft forward pp	0,367 (m)	GM solid	1,203 (m)
Trim	0,042 (m)	G'M liquid	1,203 (m)
KM	1,524 (m)	Immersion rate	0,014 (t/cm)
VCG	0,321 (m)	MCT	0,003 (t*m/cm)

Description	Density (t/m ³)	Fill%	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t*m)
Miscellaneous							
Engine 1			0,016	0,100	0,000 (CL)	0,525	0,000
Engine 2			0,016	0,100	1,200 (PS)	0,525	0,000
Battery 1-1			0,010	2,200	-0,090 (SB)	0,200	0,000
Battery 2-2			0,010	2,200	1,290 (PS)	0,200	0,000
Hull			0,200	1,700	0,600 (PS)	0,025	0,000
Payload			0,120	1,600	0,600 (PS)	0,800	0,000
Battery 2-2			0,010	1,800	1,290 (PS)	0,200	0,000
Battery 1-2			0,010	1,800	-0,090 (SB)	0,200	0,000
Totals for Miscellaneous			0,392	1,570	0,600 (PS)	0,321	0,000
Lightship			0,000	0,000	0,000 (CL)	0,000	
Deadweight			0,392	1,570	0,600 (PS)	0,321	0,000
Displacement			0,392	1,570	0,600 (PS)	0,321	0,000

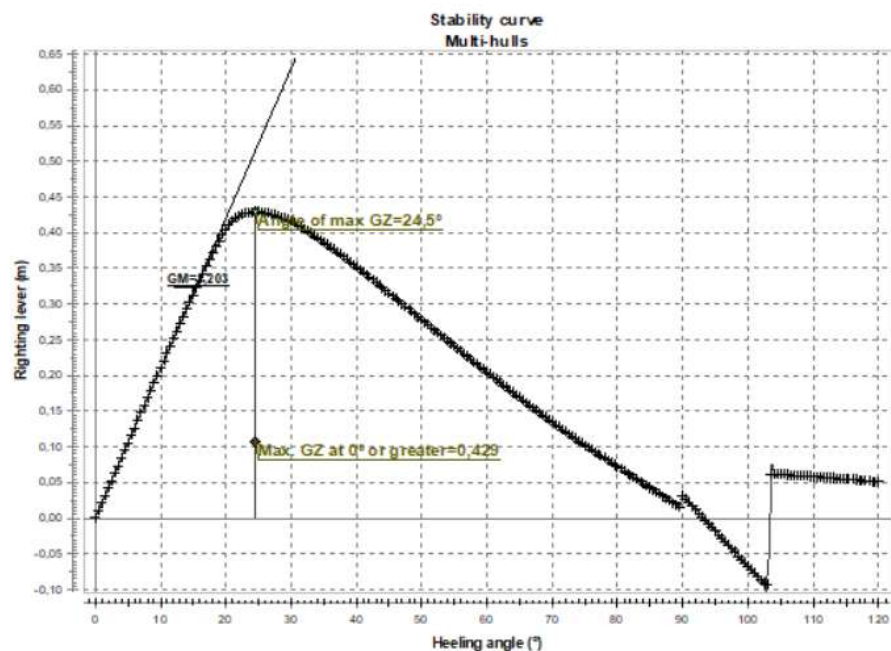
Evaluation of criteria

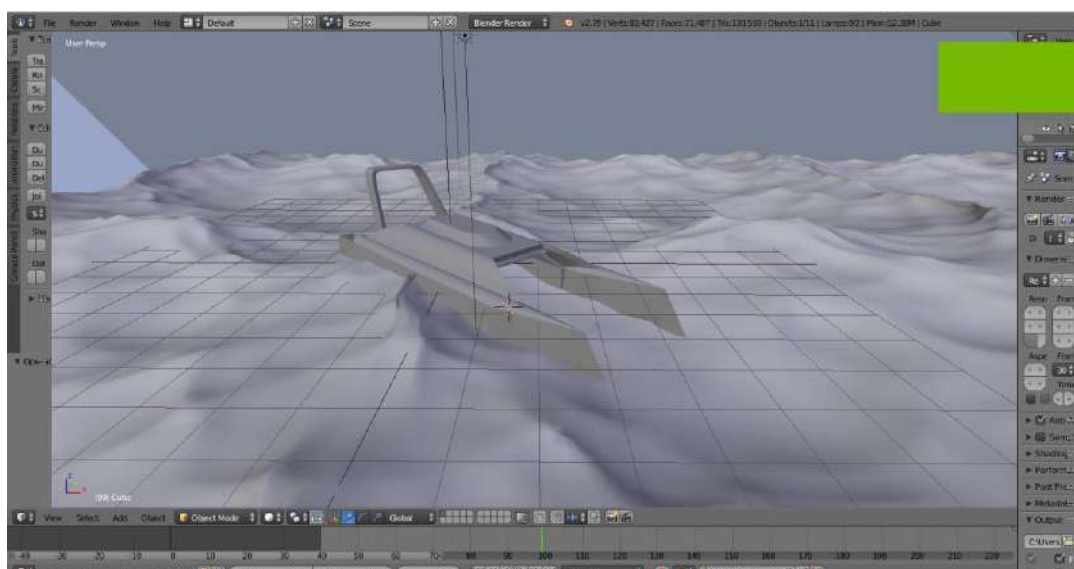
Multi-hulls

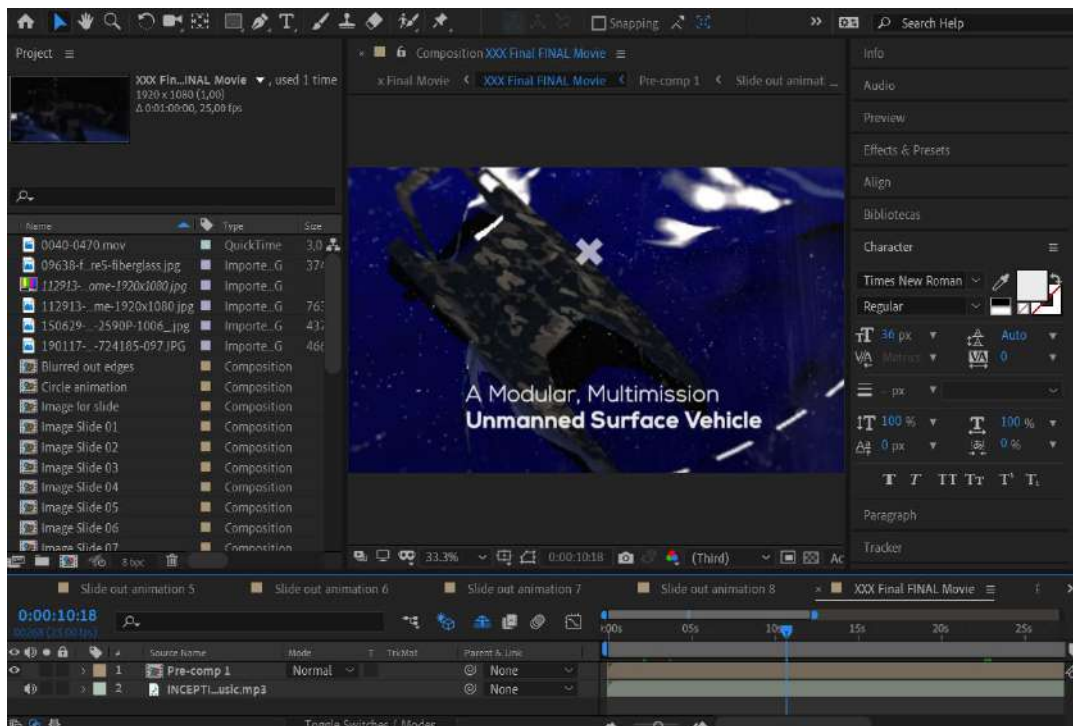
Multi-hull motor vessels

Description	Attained value	Criterion	Required value	Complies
Area 0° - 30° / Angle of Max GZ	0,1057 (mrad)	>=	0,0660 (mrad)	YES
Angle of max GZ	24,5 (Degr.)			
Calculated angle	24,5 (Degr.)			
Area 30° - 40°	0,0672 (mrad)	>=	0,0300 (mrad)	YES
Max. GZ at 0° or greater	0,429 (m)	>=	0,200 (m)	YES
Lower angle	0,0 (Degr.)			
Upper angle	24,9 (Degr.)			
Angle of max GZ	24,5 (Degr.)	>=	20,0 (Degr.)	YES
Initial metacentric height	1,203 (m)	>=	0,150 (m)	YES

The condition complies with the stability criteria









VENT-SUP EN



PERFORMANCE

Top Speed: 10 knots
Range: 2 nm
Weight: 140 kg

PROPULSION & POWER

Engines: 2 x Torqeedo® Cruise 2.0 R
Baterias: 2 x Torqeedo® Power 26-H04
Autonomy: 1 hour at 10 knots

COMMUNICATION

WiFi, VHF, Custom Payload Electronics

VENT-SUP EN

O VENT-SUP EN está preparado para receber um leque de observações, desde as payloads distribuídas, nas suas plataformas centrais. Com um LOA de apenas 3,4 metros, uma boca de 28 centímetros e um calado de 28 centímetros, este VENT-SUP EN de dimensões reduzidas pode ser facilmente transportado quer a bordo de navios quer por rotas em terra.

O design modular do VENT-SUP EN é garantido por uma estrutura simétrica, sobre a plataforma central e os colares compostos por uma malha em cada lado e que suportam as estruturas centrais e duas peças montadas no fundo inferior do casco (cabo e o leme). São produzidos com a tecnologia estrutural de vidro termocomprimido com que este sistema montado e desmontado facilmente.

CONTACTS:
Email: gr.kaloussis@marinha.pt
Cell: +351 96 4303 2718



SNAME Maritime Convention 2019

"Challenges of the Design and Construction of the Portuguese Naval Academy Modular Multimission Unmanned Surface Vehicle (PoNA MM-USV)"

Authors: P. Costa - CINAV, Escola Naval, gr.kaloussis@marinha.pt
P. Pires da Silva - CINAV, Escola Naval, p.pires@marinha.pt

Corresponding Author: P. Costa | Content Type: Student Paper

Fields: Engineers/Designers, Students, Shipbuilders

Topics & Tracks: Design and Engineering, Production and Fabrication, Industry Trends and New Technologies



Abstract: The PoNA USV represents the first Unmanned Surface Vehicle built for the Portuguese Navy in collaboration with Arsenal do Alfeite, S.A. and CINAV (the Portuguese Navy's naval research centre). This vessel reflects the current decade's newfound interest and investment in the development of unmanned platforms for military applications by NATO's Armed Forces.

Fastening a catamaran hull shape and a versatile modular control platform, this 3.4 meter long vessel is designed to be employed in a wide array of missions and scenarios by the Portuguese Navy. It's innovative modular structure allows custom payloads up to 140kg to be easily exchanged in the field allowing the USV to be employed in different tasks accordingly.

The following paper describes the entirety of the design development process for the USV, from concept development to the detailed design according to MCA standards for multi-hull vessels, as well as the ensuing construction and sea trials of the USV, integrating both composite materials and aluminium in its construction.

All the design and manufacture challenges faced through this process are also detailed in the paper. From the development of spreadsheets for initial sizing, power predictions and hull resistance, the use of CAE software for design, hydrostatic and stability analysis, loading condition calculations and finite element analysis purposes, Resistance tests in the Portuguese Naval Academy's Ship Model Tank are also expounded upon in the paper, along with the design and construction of a simple sensor for the model resistance tests. The use of 3D printing for rapid prototyping is also addressed in this work.

The PoNA USV is currently under design development in the Portuguese Naval Academy and is due to enter service in the summer of 2020.

11.5 Apêndice E – Folha de Cálculo de Resistência Estrutural *(Stillwater)*

Points	x	y
1	1.298	0.5642
2	1.3449	0.2152
3	1.3102	0.0516
4	1.2	0.0092
5	1.0898	0.0516
6	1.0551	0.2152
7	1.082	0.5642

Interior	x	y
1	1.293642	0.5642
2	1.340542	0.2152
3	1.305842	0.0516
4	1.2	0.013558
5	1.094158	0.0516
6	1.059458	0.2152
7	1.086358	0.5642

Thickness (t)	0.004357519
---------------	-------------

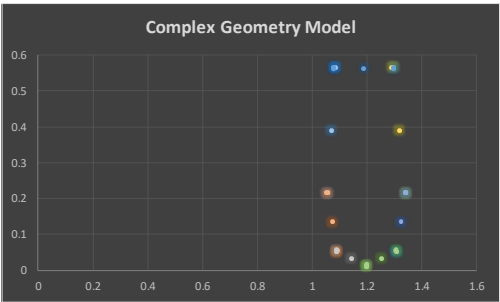
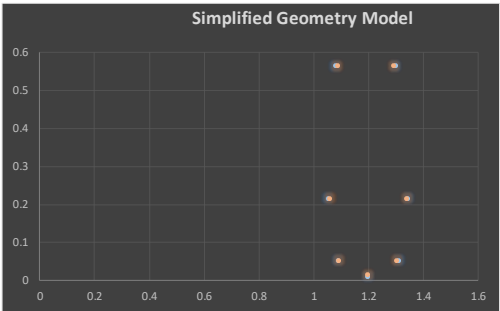
Direction Angles	Rectangle 1	1.493871	85.63592
	Rectangle 2	-4.50338	-258.025
	Rectangle 3	-3.50889	-201.044
	Rectangle 1'	-4.63546	-265.593
	Rectangle 2'	1.361791	78.02488
	Rectangle 3'	0.367295	21.04448

Rectangle 1			
Corners	x	y	
1	1.082	0.5642	1.082
2	1.0551	0.2152	
3	1.086344632	0.563865	
4	1.059444632	0.214865	
Center	1.070722316	0.389533	

0.350035

Math Check:	0.004358
	0.004358

Rectangle 2		
Corners		
1	1.0551	0.2152
2	1.0898	0.0516
3	1.05936269	0.216104
4	1.09406269	0.052504
Center	1.074581345	0.133852



Сенгел	Т 10	0 203031
4	Т 085	0 220845
3	Т 508	0 220845
5	Т 085	0 2045
Т	Т 508	0 2045
Солмел2		
Дек		

Сенгел	Т 52431.054	0 035433
4	Т 108432541	0 013501
3	Т 308032541	0 022001
5	Т 5	0 0005
Т	Т 3105	0 0210
Солмел2		
Җесгундје 3,		

Сенгел	Т 352410022	0 133825
4	Т 30203131	0 025204
3	Т 34003131	0 510104
5	Т 3105	0 0210
Т	Т 3440	0 5125
Солмел2		
Җесгундје 5,		

Сенгел	Т 31051.0084	0 380233
4	Т 340222308	0 514802
3	Т 5030222308	0 203002
5	Т 3440	0 5125
Т	Т 508	0 2045
Солмел2		
Җесгундје 1,		

Сенгел	Т 142085310	0 035433
4	Т 501204123	0 013501
3	Т 001304123	0 022001
5	Т 5	0 0005
Т	Т 0808	0 0210
Солмел2		
Җесгундје 3		

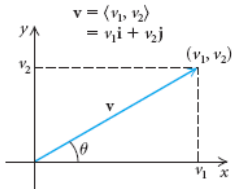
Rectangle 1		
Corners	x	y
1	1.082	0.5642
2	1.0551	0.2152
3	1.086345	0.563865
4	1.059445	0.214865
Center	1.070722	0.389533

Area (m^2):	0.001525285
b:	0.004357519
d:	0.350035155
lx:	1.55737E-05
ly:	2.41351E-09

lx':	1.54818E-05
ly':	9.43752E-08
Θ:	0.076925269

Yc:	-0.17248868
Xc:	-0.11927768
IX:	6.08626E-05
IY:	2.17949E-05

Angle 1-2 (Rad/Deg):	1.493871	85.63592
----------------------	----------	----------



$$\tan \theta = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{v_2}{v_1}.$$

	x	y
Referential Center:	1.19	0.562021

Rectangle 2												
Corners	x	y										
1	1.0551	0.2152			Area (m^2):	0.000728749		lx':	1.62546E-06		Yc:	-0.42816918
2	1.0898	0.0516			b:	0.004357519		ly':	7.42268E-08		Xc:	-0.11541866
3	1.059363	0.216104			d:	0.167239499		Θ:	6.07418009		IX:	0.000135226
4	1.094063	0.052504			lx:	1.69854E-06					IY:	9.78224E-06
Center	1.074581	0.133852			ly:	1.15312E-09						

Angle 1-2 (Rad/Deg):	-4.50338	-258.025
----------------------	----------	----------

Rectangle 3												
Corners	x	y										
1	1.0898	0.0516			Area (m^2):	0.000514516		lx':	7.77905E-08		Yc:	-0.5295878
2	1.2	0.0092			b:	0.004357519		ly':	5.20797E-07		Xc:	-0.04431762
3	1.091365	0.055667			d:	0.1180754		Θ:	5.079684424		IX:	0.000144381
4	1.201565	0.013267			lx:	5.97773E-07					IY:	1.53133E-06
Center	1.145682	0.032433			ly:	8.14134E-10						

Angle 1-2 (Rad/Deg):	-3.50889	-201.044
----------------------	----------	----------

Deck												
Corners	x	y										
1	1.298	0.5642			Area (m^2):	0.000941224		lx':	1.48933E-09		Yc:	0
2	1.082	0.5642			b:	0.004357519		ly':	3.65948E-06		Xc:	0
3	1.298	0.559842			d:	0.216		Θ:	1.570796327		IX:	1.48933E-09
4	1.082	0.559842			lx:	3.65948E-06					IY:	3.65948E-06
Center	1.19	0.562021			ly:	1.48933E-09						

Ix (total):	0.00068094	
Iy (total):	6.98763E-05	
Neutral Axis:	Xn =	0
	Yn =	-0.26167
Max Bending Moment (t*m):	M =	0.012
Max Shear Force (t):	V =	-0.05
Máx. Distance from Neutral Axis:	y=	0.291147
	σ máx (ton/m^2) =	49.99934
	τ máx (ton/m^2) =	-11.5771
	σ allowable (ton/m^2) =	49.9995
	τ allowable (ton/m^2) =	50

Formulas. Let I = the moment of inertia of the section of the beam with respect to the neutral axis and E = modulus of elasticity of the material.

The fiber stress σ at any point q is

$$\sigma = -\frac{My}{I}$$

(8.1-1)

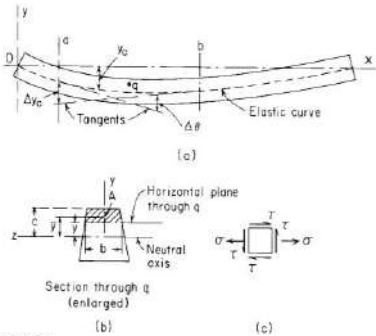


Figure 8.1

Rather than use this equation to find the location of the centroid, it is much easier to locate the centroid about the xy -axis by using equation 3.3.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum \bar{x}_i \cdot A_i}{\sum A_i} \\ \bar{y} &= \frac{\sum \bar{y}_i \cdot A_i}{\sum A_i} \end{aligned}$$

(3.3)

(a) For the rectangular section: $I = \frac{1}{12}bd^3 = 86.2 \text{ in}^4$; $I/c = \frac{1}{6}bd^2 = 23.1 \text{ in}^3$; and $A = bd = 18.60 \text{ in}^2$. Therefore:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I/c} = \frac{33,750}{23.1} = 1460 \text{ lb/in}^2 \quad [\text{by Eq. (8.1-12)}]$$

This stress occurs at $x = 75 \text{ in}$ and is tension in the bottom fibers of the beam and compression in the top. The maximum *transverse* shear stress is¹

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{V_{\max}}{A} = \frac{3}{2} \frac{1020}{18.60} = 82 \text{ lb/in}^2 \quad [\text{by Eq. (8.1-13)}]$$

Rectangle 1	1.082	0.5642
	1.0551	0.2152
	1.059445	0.214865
	1.086345	0.563865
	1.082	0.5642

Rectangle 2	1.0551	0.2152
	1.0898	0.0516
	1.094063	0.052504
	1.059363	0.216104
	1.0551	0.2152

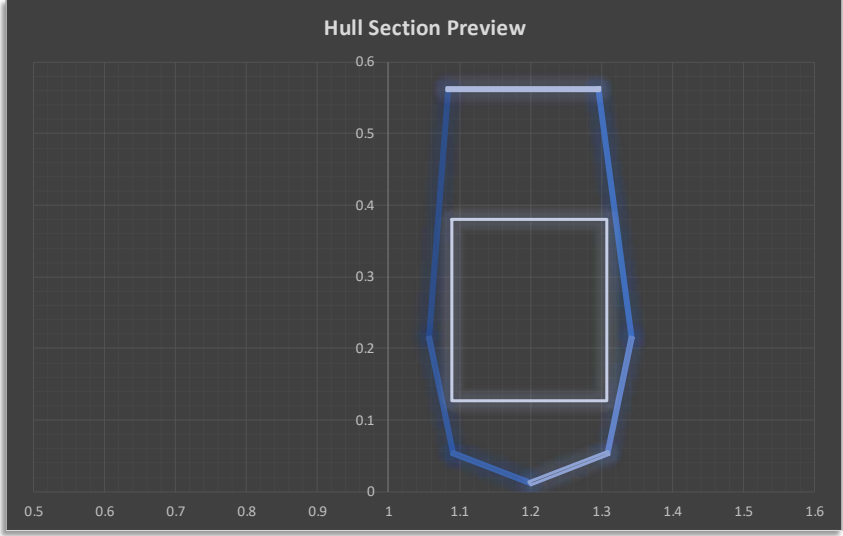
Rectangle 3	1.0898	0.0516
	1.2	0.0092
	1.201565	0.013267
	1.091365	0.055667
	1.0898	0.0516

Rectangle 1'	1.298	0.5642
	1.3449	0.2152
	1.340555	0.214865
	1.293655	0.563865
	1.298	0.5642

Rectangle 2'	1.3449	0.2152
	1.3102	0.0516
	1.305937	0.052504
	1.340637	0.216104
	1.3449	0.2152

Rectangle 3'	1.3102	0.0516
	1.2	0.0092
	1.198435	0.013267
	1.308635	0.055667
	1.3102	0.0516

Deck	1.298	0.5642
	1.082	0.5642
	1.082	0.559842
	1.298	0.559842
	1.298	0.5642



Battery	x	y
	1.089	0.38
	1.3075	0.38
	1.3075	0.1265
	1.089	0.1265
	1.089	0.38

11.6 Apêndice F – Caderno de Requisitos Técnicos



MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL
MARINHA

ESCOLA NAVAL

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

VEÍCULO NÃO-TRIPULADO DE SUPERFÍCIE

EN01 / ET-01 / 20181030

• **ÍNDICE**

<u>000</u>	<u>DIRECTIVAS E REQUISITOS GERAIS</u>	1
<u>000-1</u>	<u>Directivas de construção</u>	1
<u>000-2</u>	<u>Requisitos operacionais e missão</u>	2
<u>000-3</u>	<u>Características gerais da embarcação</u>	2
<u>000-4</u>	<u>Classificação e Certificação</u>	3
<u>000-5</u>	<u>Omissões</u>	3
<u>041</u>	<u>GESTÃO DO PROJECTO</u>	3
<u>041-1</u>	<u>Planeamento</u>	3
<u>041-2</u>	<u>Provas</u>	4
<u>041-3</u>	<u>Entrega provisória do VENT-Sup EN</u>	4
<u>041-4</u>	<u>Restantes itens objecto de fornecimento</u>	4
<u>041-5</u>	<u>Garantia</u>	4
<u>041-6</u>	<u>Entrega definitiva</u>	5
<u>042</u>	<u>REQUISITOS ADMINISTRATIVOS</u>	5
<u>042-1</u>	<u>Informação Indispensável Para Avaliação das Propostas de Fornecimento</u>	5
<u>050</u>	<u>DESEMPENHO DO VENT-SUP EN</u>	6
<u>050-1</u>	<u>Geral</u>	6
<u>051</u>	<u>CONCEITOS OPERACIONAIS DA EMBARCAÇÃO</u>	6
<u>051-1</u>	<u>Mobilidade</u>	6
<u>051-2</u>	<u>Manobrabilidade</u>	7
<u>051-3</u>	<u>Robustez</u>	7
<u>051-4</u>	<u>Comportamento dinâmico no mar</u>	7
<u>060</u>	<u>CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS</u>	7
<u>060-1</u>	<u>Geral</u>	7
<u>061</u>	<u>CASCO</u>	7
<u>061-1</u>	<u>Geral</u>	7
<u>061-2</u>	<u>Arranjos gerais</u>	8
<u>061-4</u>	<u>Mastro</u>	8
<u>062</u>	<u>INSTALAÇÃO PROPULSORA</u>	9
<u>062-1</u>	<u>Geral</u>	9
<u>063</u>	<u>INSTALAÇÃO ELÉCTRICA</u>	10
<u>063-1</u>	<u>Geral</u>	10
<u>063-1-1</u>	<u>Requisitos gerais da instalação</u>	10
<u>063-1-2</u>	<u>Configuração geral da instalação</u>	10
<u>063-2</u>	<u>Esquemas gerais da instalação eléctrica</u>	11
<u>063-2.1</u>	<u>Requisitos gerais</u>	11
<u>063-2.2</u>	<u>Grupos de baterias</u>	11
<u>063-3</u>	<u>Cablagem de serviço</u>	11
<u>063-3-1</u>	<u>Requisitos gerais</u>	12
<u>064</u>	<u>COMANDO E VIGILÂNCIA</u>	12

<u>064-1</u>	<u>Redução de interferências electromagnéticas.....</u>	13
<u>064-2</u>	<u>Sistemas de comando e controlo</u>	13
<u>064-3</u>	<u>Instrumentos de navegação</u>	14
<u>064-4</u>	<u>Comunicações Externas e Internas</u>	19
<u>064-4.1</u>	<u>Constituição</u>	19
<u>065</u>	<u>SISTEMAS AUXILIARES</u>	19
<u>065-2</u>	<u>Meios de reboque</u>	19
<u>066</u>	<u>APRESTAMENTO</u>	20
<u>066-1</u>	<u>Atrelado.....</u>	20
<u>080</u>	<u>REQUISITOS DE APOIO LOGÍSTICO.....</u>	21
<u>081</u>	<u>MANUTENÇÃO.....</u>	22
<u>083</u>	<u>ABASTECIMENTO</u>	22
<u>084</u>	<u>TRANSPORTE, MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO</u>	24
<u>085</u>	<u>DESENHOS.....</u>	24
<u>086</u>	<u>MANUAIS E OUTRA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA.....</u>	25
<u>086-1</u>	<u>Geral</u>	26
<u>088</u>	<u>PESSOAL E TREINO.....</u>	30
<u>088-1</u>	<u>Geral</u>	30
<u>089</u>	<u>EQUIPAMENTO DE TREINO</u>	31
<u>089-1</u>	<u>Geral</u>	31
<u>090</u>	<u>CONTROLO DE QUALIDADE</u>	31
<u>090-1</u>	<u>Geral</u>	31
<u>092</u>	<u>REQUISITOS GERAIS PARA AS PROVAS, TESTES E ENSAIOS.....</u>	31
<u>092-1</u>	<u>Geral</u>	31
<u>094</u>	<u>ORGANIZAÇÃO DAS PROVAS</u>	32
<u>094-1</u>	<u>Geral</u>	32
<u>095</u>	<u>PROVAS DOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DO NAVIO.....</u>	33
<u>095-1</u>	<u>Geral</u>	33

000 DIRECTIVAS E REQUISITOS GERAIS

000-1 Directivas de construção

- 000-1.1 A presente especificação técnica tem como objectivo a definição dos requisitos técnicos de um protótipo do veículo não tripulado de superfície modular multimissão para a Escola Naval, doravante designado por VENT-Sup EN.
- 000-1.2 O VENT-Sup EN é um catamaran constituído por dois cascos modulares de espuma poliuretano SikaBlock® M945 e uma plataforma central onde estão agregados os equipamentos necessários para um dado perfil de missão, feita de material rígido (polímero ou alumínio).
- 000-1.3 Tendo em conta a natureza dos serviços a que se destina uma embarcação salva-vidas deste tipo, o VENT-Sup EN é uma embarcação dotada de sistemas, equipamentos e acessórios em consonância com a regulamentação e tendências actuais para este tipo de meios. Esta embarcação é de fácil manutenção, para o que contribuirá o facto dos diversos equipamentos e apetrechos serem fiáveis e disporem de sobressalentes de fácil aquisição em Portugal e nos restantes Estados Membros da Comunidade Europeia e ainda o facto de se utilizarem materiais resistentes à corrosão.
- 000-1.4 A disposição modular da embarcação implica com que este seja dotada de uma série de equipamentos diferentes na sua plataforma central isolados dos cascos para cada perfil de missões a desempenhar. Esta plataforma central deverá poder ser trocada por outra dotada de equipamentos diferentes de forma fácil, numa estação de terra, de forma a permitir com que o VENT-Sup desempenha uma outra função.
- 000-1.5 O projeto implicará também a construção de uma estação de controlo

que permitirá a operação do VENT-Sup EN e dos seus equipamentos a uma distância não inferior a 5 milhas náuticas.

000-2 Requisitos operacionais e missão

- 000-2.1 A VENT-Sup EN, é um meio orgânico destinado a apoiar e a desempenhar várias atividades e missões na orla costeira e os espaços marítimos sob soberania, jurisdição ou responsabilidade nacional. Assim será dada particular importância aos aspectos de simplicidade, versatilidade e robustez do projecto.
- 000-2.2 Pelo fim a que se destina e pelas suas dimensões reduzidas, o VENT-Sup EN deve ser dotado de boas qualidades náuticas, designadamente fluviabilidade, robustez, mobilidade, manobrabilidade, comportamento dinâmico no mar e de estabilidade.
- 000-2.3 O VENT-Sup EN irá ter um desempenho operacional em condições de mar de "pequena vaga" (estado mar 3 na escala Douglas – até 1,25m de altura de vaga) e condições de vento "moderado" (4 na escala de Beaufort).

000-3 Características gerais da embarcação

- 000-3.1 As principais dimensões do VENT-Sup EN são aproximadamente as seguintes:
- a. Comprimento fora-a-fora entre 2,5 a 3,2 metros;
 - b. Boca máxima igual ou superior a 2,5 metros;
 - c. Calado máximo igual ou inferior a 0,3 metros;
 - d. Deslocamento carregado igual ou inferior a 140 kg;
- 000-3.2 O VENT-Sup EN destina-se a ser operado por 2 (dois) homens em estação remota, podendo este ser transportado por meios terrestres ou navais.
- 000-3.3 Como requisitos relativos à velocidade e autonomia o VENT-SUP EN, tem:
- a. Velocidade máxima igual ou superior a 10 nós em mar calmo e vento até força 2 (dois) da escala de Beaufort;

b. Autonomia igual ou superior a 1 (uma) hora à velocidade máxima.

000-3.4 A flutuabilidade com o VENT-Sup EN completamente carregado e alagado e com um casco totalmente vazio, deverá ser suficiente para evitar o afundamento, independentemente do casco que se assuma afectado. Este requisito será testado durante as provas de recepção.

000-3.5 O VENT-Sup EN deve ter uma proteção de nível 8 para entrada de líquidos (IP8: imersão acima de 1 m).

000-3.6 O VENT-Sup EN quando não estiver a ser operado em missões, pode ser alada e colocado num respectivo atrelado de estrada. A embarcação é fornecida com o respectivo atrelado e capas resistentes e impermeáveis, para as consolas, embarcação e motores.

000-4 Classificação e Certificação

000-4.1 O VENT-Sup EN deve ter certificação de construção do casco, dos motores, dos sistemas eléctricos e dos sistemas de comunicação, de acordo com as regras das sociedades classificadoras adequadas aos requisitos deste tipo de embarcações.

000-5 Omissões

000-5.1 Tudo o que for omissso nesta Especificação Técnica, devem ser seguidos os requisitos das Normas (portuguesas ou internacionais) aplicáveis, bem como da legislação nacional em vigor.

041 GESTÃO DO PROJECTO

041-1 Planeamento

041-1.1 Até quinze dias após a assinatura do Contrato, o Fornecedor deve apresentar à Marinha uma proposta para o *Planeamento Global* referente ao período de vigência do contrato, onde devem constar as fases principais abaixo indicadas, aplicáveis a cada embarcação:

a. Construção.

b. Provas.

c. Entrega Provisória.

d. Treino, entrega da documentação final, ALI e restantes itens objecto de fornecimento.

e. Garantia.

f. Entrega Definitiva.

041-1.2 Trinta dias antes do início das Provas de Recepção da embarcação, o Fornecedor deve enviar à Marinha, o Caderno de Provas e o respectivo Planeamento.

041-1.3 Os planeamentos acima referidos devem ser actualizados quando surgirem alterações que assim o justifiquem.

041-2 Provas

041-2.1 A efectuar pelo Fornecedor e acompanhadas pela Marinha, como definido nos pontos 092, 094 e 095.

041-3 Entrega provisória do VENT-Sup EN

041-3.1 A definir no contrato.

041-4 Restantes itens objecto de fornecimento

041-4.1 A entrega dos restantes itens objecto de fornecimento, deverá ser efectuada nas condições a definir no contrato.

041-5 Garantia

041-5.1 A embarcação, motores, atrelado e todos os restantes equipamentos

devem estar cobertos por uma garantia mínima de 24 (vinte e quatro) meses após a entrega, devendo ser especificadas os períodos de garantia de cada um dos componentes (casco, equipamentos, instalação eléctrica, motores, etc.).

041-6 Entrega definitiva

041-6.1 A efectuar depois de expirar o período de garantia, conforme fique estipulado no contrato.

042 REQUISITOS ADMINISTRATIVOS

042-1 Informação Indispensável Para Apreciação das Propostas de Fornecimento

042-1.1 Declaração do cumprimento integral e inequívoco da presente especificação.

042-1.2 Identificação de todos os equipamentos pelo nome, marca, modelo ou tipo e nome e endereço do fabricante.

042-1.3 Cópias ou extractos, que possibilitem a avaliação da qualidade da seguinte documentação técnica:

- a. Desenhos e esquemas eléctricos e mecânicos;
- b. Instruções de Instalação e Montagem;
- c. Manual de Descrição e Condução.

042-1.4 Disponibilização de uma embarcação, por um período de 15 dias, igual ou similar à proposta para análise técnica e provas de mar destinadas a testar a fiabilidade e adequabilidade da embarcação aos requisitos desta especificação à presente especificações.

042-1.5 Cópias do Manual de Manutenção e do Catálogo de Sobressalentes e lista discriminativa de sobressalentes de substituição previsível em manutenção preventiva durante um período de 5 (cinco) anos, com indicação dos dados de identificação, das quantidades totais e preços de referência.

042-1.6 O Manual de Manutenção e o Catálogo de Sobressalentes e de

Ferramenta Especial podem ser devolvidos no caso de não adjudicação da proposta, se for solicitado pelo concorrente.

042-1.7 Data de início e previsão da data de fim da produção dos equipamentos.

042-1.8 Lista de referências em aplicações afins.

042-1.9 Previsão da data de fim do apoio técnico do fabricante.

042-1.10 Data prevista para fim da produção e comercialização de sobressalentes.

NOTA: A documentação incluída nas propostas pode ser apresentada em língua portuguesa ou língua inglesa.

050 DESEMPENHO DO VENT-SUP EN

050-1 Geral

050-1.1 O VENT-SUP EN tem um formato de casco do tipo catamaran, sendo a estrutura central modular. Tal deverá permitir a sua remoção e troca por outras estruturas centrais equipadas com conjuntos de equipamentos diferentes dependendo do tipo de missão a desempenhar pelo VENT-Sup.

051 CONCEITOS OPERACIONAIS DA EMBARCAÇÃO

051-1 Mobilidade

051-1.1 As embarcações deverão ser dimensionadas para uma velocidade máxima contínua de 10 (dez) nós, para um máximo de 100% MCR.

051-1.2 A verificação da velocidade máxima das embarcações deverá ser realizada na condição de deslocamento máximo, em mar calmo e vento até força 2 (dois) da escala de Beaufort.

051-1.3 A embarcação terá uma autonomia de igual ou superior a 1 (uma) hora à velocidade máxima.

051-1.4 Neste projecto deverá ser considerada uma taxa de operação da

embarcação de cerca de 270 dias - 10 horas dia, 2700 horas/ano (duas mil e setecentas horas por ano).

051-2 Manobrabilidade

051-2.1 Face às condições adversas de operação do VENT-Sup EN, dever-se-á dar especial atenção à manobrabilidade que deverá ser elevada.

051-3 Robustez

051-3.1 Neste projecto deverá ser assumido um período de vida útil de 20 (vinte) anos.

051-3.2 O VENT-SUP EN deverá possuir uma estrutura, motores e equipamentos fiáveis e robustos para que este seja capaz de resistir com segurança às acções exteriores a que irá ser operado no período de vida útil e com a frequência indicadas em 051-1.4 e 051-3.1.

051-4 Comportamento dinâmico no mar

051-4.1 A forma do casco deverá ser optimizada para que a embarcação possa operar em segurança em estados de mar até aos valores definidos em 050-1.

060 CARACTERÍSTICAS DE SUBSISTEMAS

060-1 Geral

060-1.1 Os subsistemas devem ser projectados e dimensionados de acordo com as regras de uma sociedade classificadora.

061 CASCO

061-1 Geral

- 061-1.1 A estrutura do casco devem ser construída em SikaBlock® M945. A estrutura do casco deve ser concebida e dimensionada para a operação do VENT-SUP EN nas condições definidas na presente Especificação Técnica, considerando os requisitos de robustez indicados em 051-3.
- 061-1.2 O casco deve ser um catamaran do tipo deslocamento, do tipo popa invertida, possuindo uma zona reforçada à popa para sustentação de dois motores e um olhal para reboque e/ou fixação ao atrelado à proa.
- 061-1.3 O casco deve possuir olhais de suspensão e reboque.
- 061-1.4 A estrutura central deverá ser feita de alumínio sendo esta dimensionada considerando os requisitos de robustez indicados em 051-3.
- 061-1.5 Todos os órgãos de aperto devem ser passantes. Os órgãos de aperto que não possam ser passantes devem ser fibrados num dos elementos roscados (ou porca ou parafuso / perno).
- 061-1.6 Não devem existir órgãos de aperto salientes em nenhum local, para segurança dos utilizadores.

061-2 Arranjos gerais

- 061-2.1 A estrutura central deverá estar dotada de um sistema que permita a sua fácil ligação a cada um dos cascos do catamaran. Tendo também em consideração para tal os requisitos de robustez da estrutura indicados em 051-3.
- 061-2.2 As baterias utilizadas pelos motores deverão estar colocadas dentro de cada um dos cascos separadamente, devendo estas, os motores e os sistemas necessários para o governo do VENT-SUP EN estar isolados da estrutura central.

061-4 Mastro

- 061-4.1 O VENT-SUP EN será dotado de um mastro pequeno com a configuração de um pórtico em liga de alumínio da série 5000 colocado na sua estrutura central.
- 061-4.2 No mastro devem ser montadas plataformas de suporte para os seguintes equipamentos:
 - a. Antena RADAR;
 - b. Antena GPS;
 - c. Antena VHF;
 - d. "Strobe-light";

- e. Faróis de borda e farol de navegação de luz branca de 360° (de acordo com a regra 210 do Regulamento Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar);
 - f. Reflector RADAR de acordo com a norma ISO 8729;
- 061-4.3 O dimensionamento do mastro deve ter em conta o peso dos equipamentos e a área necessária para a sua instalação.
- 061-4.4 O mastro deve ainda satisfazer os seguintes requisitos:
- a. Ser de construção leve.
 - b. Minimizar a interferência com as antenas.
 - c. Minimizar as vibrações.

062 INSTALAÇÃO PROPULSORA

062-1 Geral

- 062-1.1 O VENT-SUP EN deve ser equipada com 2 (dois) motores Torqedo Cruise 2.0 TS, com potência suficiente para cumprir os requisitos referidos em 050 e 051.
- 062-1.2 Os motores deverão estar associados a duas baterias Torqedo Power 26-104.
- 062-1.3 Os motores devem ter uma robustez e fiabilidade comprovada, e sustentada, por uma garantia de pelo menos 2 anos, com um funcionamento anual mínimo de 270 dias a 10 horas/dia (2700 horas/ano);
- 062-1.4 Devem ser fornecidos kits para limpeza, que será efectuada com a água doce dos motores, a nado e a seco.
- 062-1.5 Os concorrentes devem apresentar gráficos de potência e de performance (potência/consumo vs. rotações).
- 062-1.6 Os concorrentes devem comprovar a existência de capacidade efectiva de manutenção dos motores em todos os portos nacionais, através da representação das marcas dos mesmos, sem que exista necessidade da deslocação de técnicos próprios ao local. Para este efeito devem apresentar uma lista completa e detalhada de todos os seus representantes que aceitem as condições de garantia exigidas.
- 062-1.7 Onde aplicável, os equipamentos da instalação propulsora devem ser acompanhados do respectivo Certificado de Garantia do fabricante.

- 062-1.8 Para as questões eventualmente omissas, devem observar-se as regras aplicáveis das Sociedades Classificadoras, legislação nacional em vigor e normas portuguesas (NP) e internacionais (ISO), das quais se salienta a norma ISO 3046 : 1995, partes 1 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 – “Reciprocating Internal Combustion Engines”.

063 INSTALAÇÃO ELÉCTRICA

063-1 Geral

063-1-1 Requisitos gerais da instalação

- 063-1-1.1 A instalação eléctrica deve ser efectuada a 12VDC, tensão contínua e obedecer ao estipulado no decreto-lei n.º 39/81 em geral e ao decreto regulamentar n.º 21/84 – “Regulamento de segurança das instalações eléctricas das embarcações de tensão até 50 volt”, em particular.
- 063-1-1.2 A instalação eléctrica deve ser do tipo radial simples, com distribuição a dois fios isolados.
- 063-1-1.3 A instalação eléctrica deve ser composta por 4 (quatro) baterias de “Solid-Gel” gel ou AGM, de 12VDC cada, organizadas do seguinte modo:
- a. Bateria de arranque do motor de EB;
 - b. Bateria de arranque do motor de BB;
 - c. Bateria principal de instalação eléctrica;
 - d. Bateria de emergência.
- 063-1-1.4 As baterias devem ser aprovadas para estes tipo de embarcações e devem ser instaladas sob as consolas ou em caixas estanques, estivadas de forma segura e firme para que se mantenham fixas com qualquer inclinação da embarcação.
- 063-1-1.5 A navegar, a totalidade do consumo eléctrico, incluindo a carga de todas as baterias, deve ser assegurado apenas por um dos alternadores dos motores, mantendo-se o outro como redundante.

063-1-2 Configuração geral da instalação

- 063-1-2.1 As cablagens devem ser estanques à água e resistentes à intempérie e desgaste mecânico.

- 063-1-2.2 As baterias, instaladas separadamente, devem permitir a ligação em paralelo, se necessário.
- 063-1-2.3 Quando atracada, a carga das baterias do VENT-SUP EN deve ser assegurada por um carregador.
- 063-1-2.4 O carregador deve ser dimensionado para a carga e corrente máximas, situação que ocorre quando as baterias estão à carga. Deve par isso, ser dotado de protecção térmica, com controlo da temperatura máxima, existindo assim um controlo automático para prevenir sobrecargas. O tipo de carregador será o recomendado pelo fabricante das baterias.

063-2 Esquemas gerais da instalação eléctrica

063-2.1 Requisitos gerais

- 063-2.1.1 O projecto da instalação eléctrica deve ser constituído pelos desenhos, especificações e cálculos suficientes para a completa definição da instalação.
- 063-2.1.2 Os símbolos gráficos a usar nos esquemas eléctricos devem estar de acordo com as normas da Comissão Electrotécnica Internacional (CEI).

063-2.2 Grupos de baterias

- 063-2.2.1 As baterias devem ser o acondicionadas dentro dos próprios cascos, devidamente estivadas e peadas.
- 063-2.2.2 Deve existir na estação em terra e no VENT-SUP EN, um sistema de sinalização que indique a situação de carga dos quatro grupos de baterias.
- 063-2.2.3 A capacidade da bateria principal da instalação eléctrica deve ser definida pelo fabricante de modo a assegurar que a totalidade dos equipamentos de bordo se mantêm alimentados durante 4 (quatro) horas.

063-3 Cablagem de serviço

063-3-1 Requisitos gerais

063-3-1.2 No VENT-SUP EN deve ser utilizado cabo eléctrico tipo H07RN-F ou equivalente do tipo marítimo.

063-3-1.3 O sistema de cablagem deve cumprir os requisitos estabelecidos na norma CEI 92-352.

063-3-1.4 Por razões de características da resistência mecânica dos cabos, a secção mínima da cablagem a usar deve ser de 4 mm², (quatro milímetros quadrados) exceptuando-se o interior dos quadros onde se prevê que possam ser inferiores.

063-3-1.5 Todos os cabos eléctricos devem ter uma folga não inferior a 10 cm no comprimento (para o que deverá dar uma volta sobre si mesmo antes da fixação aos terminais).

063-3-1.7 Como princípio, deve ser evitado que os cabos atravessem elementos estruturais. Quando tal não for possível, deve ser aplicado no orifício de passagem um bucim com arestas internas boleadas para que a cablagem não se danifique.

063-3-1.10 Toda a cablagem deve ser marcada com abraçadeiras metálicas revestidas onde conste a designação do circuito, a respectiva tensão, que cabo serve e o quadro donde provem .

063-3-1.11A cablagem deve ser estendida ao longo de esteiras e fixada com braçadeiras metálicas revestidas.

063-3-1.12 Para assegurar a alimentação de terra deve ser fornecido um cabo eléctrico do tipo H07RN-F com três condutores, sobredimensionado em 20 % relativamente ao consumo máximo para a situação de atracado, com um comprimento total de 30 (trinta) metros.

064 COMANDO E VIGILÂNCIA

064-1 Redução de interferências electromagnéticas

- 064-1.1 A embarcação deve ser projectada e construída de modo a assegurar a máxima Compatibilidade Electro-Magnéticas (EMC) e a mínima Interferência Electro-Magnéticas (EMI) entre equipamentos, cumprindo o disposto na publicação NATO - STANAG 4435, 2ª edição.
- 064-1.2 Não devem ser aceites EMI que afectem a informação fornecida pelos sensores e a operação e condução normais dos equipamentos, a verificar em provas imperativas.
- 064-1.3 Para se cumprir os requisitos de EMC/EMI, deve ser adoptada uma política activa pelo projectista e pelo construtor, salientando-se o cumprimento dos seguintes passos:
- Seleccionar equipamentos tendo em conta critérios de EMC/EMI indicados, em especial, minimizando a inclusão de sistemas e equipamentos de comando e controlo electrónicos, vulneráveis às ondas electromagnéticas existentes a bordo "Electro-Magnetic Environment" (EME);
 - Assegurar que a cablagem é blindada, sempre que apropriado, de modo a obter uma redução de EMI;
 - Efectuar um plano de passagem de toda a cablagem eléctrica ao longo de toda a embarcação, separando a cablagem de acordo com a sua natureza (rede de força e rede de sinal) e a respectiva capacidade potencial de causar interferências;
 - Efectuar um arranjo de antenas, considerando a interferência das mesmas e respectivos acessórios com os demais equipamentos de bordo;
 - Efectuar um plano de ligações à terra, incluindo uma definição rigorosa e adequada do nível de referência, da rede de terras, das ligações à rede, das chapas de terra e das ligações à terra quando a embarcação estiver atracada;
 - Prever um plano de acções correctivas, a executar durante e após a construção, caso as previsões de controlo de EMC/EMI não sejam bem sucedidas.

064-2 Sistemas de comando e controlo

- 064-2.1 Toda a plataforma deverá ser controlada remotamente. A propulsão e direcção do VENT-SUP EN deverá ser feita de forma vetorizada (apenas sendo necessário regular a potência de cada um dos motores dos cascos

para guinar o VENT-SUP).

- 064-2.2 Para este efeito deve ser feita uma estação terra que comunicará com atuadores nos motores que permitem regular a sua potência individualmente bem como com os diferentes sistemas presentes na sua estrutura central modular.
- 064-2.3 Isto deverá ser feito a um alcance não inferior a 2.5 milhas náuticas. Sendo o VENT-SUP EN controlado recorrendo a um sistema de comunicação Wifi.

064-3 Instrumentos de navegação

- 064-3.1 Pretende-se adquirir um sistema integrado de navegação composto por: 1 (um) radar de navegação com uma consola multifunções que permita integrar Cartas de Navegação GOLD, 1 (uma) Sonda, 1 (um) DGPS, 1 (uma) Agulha de Fluxo, 1(um) AIS classe A, 1(um) Radiogoniómetro de VHF e uma Agulha Magnética, e respectivo lote de sobressalentes. Os equipamentos anteriormente referidos que estejam sujeitos a condições meteorológicas adversas (expostos ao ar livre e a intenso "spray" marítimo) devem ter uma protecção igual ou superior à IP X5 e as respectivas antenas uma protecção igual ou superior a IP X6 da norma IEC 60945.

064-3.2 Requisitos Técnicos e Operacionais

064-3.2.1 Os equipamentos devem obedecer às seguintes características gerais:

- a. Devem obedecer às recomendações da IMO, e protegidos em caixas estanques com viabilidade de manipulação sem perda de estanqueidade, sempre que aplicável.
- b. Ser de fácil operação e exploração;
- c. Possuir dispositivo de visão diurna;
- d. Ser concebido de tal modo que se torne impossível ocorrerem avarias devido à má utilização dos comandos de operação;
- e. Atingir o estado operacional, após ter sido estabelecido, num período de tempo não superior a 5 (cinco) minutos. Deve existir uma posição de "StandBy" a partir da qual o equipamento possa ficar imediatamente operacional;
- f. Ter incorporado meios que permitam detectar prontamente qualquer queda de rendimento quando o equipamento se encontra em funcionamento;
- g. Ser robusto e obedecer à boa prática de engenharia, devendo ser

possível o fácil acesso a todas as partes do equipamento;

- h. Possuir dispositivos de protecção aprovados de modo a impedir que, por inadvertência, qualquer pessoa seja posta em contacto com altas tensões;
- i. Possuir dispositivos adequados para reduzir ao mínimo ou eliminar a apresentação de ecos indesejáveis provenientes de fenómenos atmosféricos, mareta ou outras interferências não intencionais;

064-3.2.2 Os equipamentos devem ter as seguintes características:

a. Radar: Unidade de antena:

- a.1. Tipo redoma $\leq \phi 610$ (seiscentos e dez) milímetros;
- a.2. Largura horizontal do feixe ≤ 4 (quatro)°;
- a.3. Largura vertical do feixe ≥ 20 (vinte)°;
- a.4. Velocidade de rotação da antena ≥ 24 RPM com ventos de velocidade relativa de 100 (cem) nós.
- a.5. IEC 60529 IPX6 (no mínimo).

b. Radar: Transreceptor

- b.1. Frequência : 9410 ± 30 MHz (Banda X);
- b.2. Potência de pico $\geq 4,0$ (quatro) KW;

c. Radar: Indicador (Consola Multifunções)

- c.1. Indicador a cores TFT LCD;
- c.2. Definição écran $\geq 640 \times 480$ pixels;
- c.3. Dimensões úteis do écran ≥ 10 (dez) e ≤ 12 (doze) polegadas;
- c.4. Dimensões máximas do indicador, já com todos os comandos incorporados ≤ 400 (quatrocentos) milímetros;
- c.5. Menor escala $\leq 0,25$ milhas;
- c.6. Medida de distância variável entre 0,01 e 24 milhas;
- c.7. Rigor da distância medida;

- c.8. Resolução em distância inferior a 30 (trinta) metros;
- c.9. Distância mínima de detecção;
- c.10. Ter boa visualização quando exposto à luz solar;
- c.11. IEC 60529 IPX5 (no mínimo).
- c.12. Capacidade de interligação com outros equipamentos de navegação como o DGPS/GPS, Sonda, Agulha de Fluxo, AIS;
- c.13. Capacidade de instalar cartas de navegação electrónicas;
- c.14. Capacidade ARPA.
- d. Sonda
 - d.1. Alcance mínimo de detecção, igual ou inferior a 0,5 metro;
 - d.2. Alcance máximo superior a 200m;
 - d.3. A alarme de fundos baixos, audio e visual;
 - d.4. Comutação automática de escala;
 - d.5. Indicador remoto (valor instantâneo) instalado na consola avante (consola do piloto);
 - d.6. Informação da sonda disponível na Consola Multifunções do sistema de navegação (protocolo NMEA);
 - d.7. A Consola Multifunções pode indicar o valor instantâneo da sonda e o seu registo histórico;
 - d.8. A sonda deve apresentar leituras correctas de sondagem quando a embarcação opera desde os 0 nós até uma velocidade superior a 20 nós;
 - d.9. A localização do transdutor e o tipo de instalação devem permitir a operação de abicar à praia (parágrafo 051-3.3) sem danificar o transdutor;
 - d.10. A localização do transdutor e o tipo de instalação devem permitir a operação de alagem, colocação no atrelado de estrada e transporte da embarcação no atrelado de estrada sem danificar o transdutor;
- e. DGPS
 - e.1. Antena com IPX6 (no mínimo);

- e.2. Capacidade de 12 canais de recepção;
- e.3. Margem de erro $\leq 5\text{m}$;
- e.4. Capacidade de recepção DGPS marítimo e EGNOS/WAAS;
- e.5. Capacidade de disponibilizar dados em protocolo NMEA 0183 para ligação a outros equipamentos de navegação.
- e.6. Deve dispor de unidade de visualização para encastrar em consola (cotado opcionalmente).
- f. Agulha de Fluxo
 - f.1. Informação de linha de proa para Consola Multifunções do Radar via protocolo NMEA;
 - f.2. Com unidade de visualização independente para encastrar na consola de ré;
 - f.3. Deve ter margem de erro da indicação da proa igual ou inferior a um grau.
- g. AIS
 - g.1. O equipamento deve obedecer aos requisitos de classe A ;
 - g.2. Deve dispor de unidade de visualização para encastrar em consola;
 - g.3. Disponibilizar informação via protocolo NMEA para Consola Multifunções.
- h. Cartas Electrónicas
 - h.1. Do tipo Navionics GOLD, com o fornecimento das cartas mar de Portugal Continental e Ilhas (abrangentes ao território Espanhol nas zonas fronteiriças).
- i. Radiogoniómetro
 - i.1. Radiogoniómetro da banda VHF;
 - i.2. Cobrir as frequências de 121,5 MHz e CH16;
 - i.3. Poder memorizar frequências pré- seleccionadas;
 - i.4. Ter sensibilidade que cumpra os requisitos expressos no GMDSS;
 - i.5. A instalar de forma isolada dos restantes equipamentos;

- i.6. As dimensões do equipamento e da antena deverão ser adequadas ao tipo de embarcação referida;
- j. Agulha Magnética
 - j.1. Agulha magnética deve ser colocada na consola de vante da embarcação;
 - j.2. Rosa cónica com visor anti-reflexo;
 - j.3. Diâmetro $\leq 90\text{mm}$;
 - j.4. Suspensão semi-cardã;
 - j.5. Deve possuir iluminação interna Standard 12V ;
 - j.6. Com compensação magnética.

064-3.2.3 Todos os interfaces necessários à instalação devem ser incluídos na proposta, tal como a cablagem e fichas necessárias.

064-3.2.4 O radar a seleccionar e os restantes equipamentos devem estar preparados para uma alimentação de 12 VDC.

064-3.2.5 A embarcação deve ter um "Search and Rescue Transponder" (SART), este equipamento deve satisfazer integralmente os requisitos do sistema GMDSS, para o que deve apresentar, designadamente, as seguintes características:

- a. Ser facilmente activado por qualquer pessoa.
- b. Estar equipado com um sistema que impeça a sua activação inadvertida.
- c. Dispor de sinalização visual e/ou sonora indicadora do seu correcto funcionamento e que também alerte os náufragos quando estiver a ser iluminado por um radar.
- d. Manter a estanqueidade a uma profundidade de 10 metros pelo menos durante 5 minutos.
- e. Ser capaz de flutuar.
- f. Não ser afectado pela água do mar ou por óleo.
- g. Ser resistente à deterioração provocada por prolongada exposição solar.
- h. Ter uma cor com elevada visibilidade, nomeadamente amarelo ou cor-de-laranja.

- i. Ter uma superfície exterior lisa, de modo a não ser susceptível a danificar a embarcação.
- j. A bateria deve ter pelo menos 4 (quatro) anos de vida e capacidade suficiente para operar em "stand-by" por um período de 96 horas, seguido de um período de um mínimo de 8 horas de transmissão quando continuamente interrogado com um PRF de 1 KHz.
- k. Deve ser capaz de operar com temperaturas ambiente compreendidas entre -20 °C até +55 °C. Deve também ser capaz de suportar temperaturas entre os -30 °C e os +65 °C, quando em armazenamento.
- l. Ter possibilidades de fazer um teste que permita verificar o estado operacional do equipamento.

064-3.2.6 Indicar o "MTBF" para cada unidade e também do radar proposto.

064-3.2.7 A embarcação deve ter reflector RADAR, de acordo com a norma ISO 8729 a instalar no pórtico.

064-4 Comunicações Externas e Internas

064-4.1 Constituição

064-4.1.1 A embarcação deve possuir os seguintes equipamentos de comunicações:

- a. 1 (um) Transreceptor de VHF/FM IMM com receptor controlador DSC integrado (GMDSS), incluindo antena, e a ser instalado no mastro.
- b. 1 (um) sistema de comunicações Wifi para comunicação com uma estação em terra;
- c. EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon);
- d. Um sistema de comunicação com altifalante, conectado por VHF ou Wifi à estação em terra;
- e. Buzina elétrica que cumpra com os requisitos IMO para embarcações destas dimensões;

065 SISTEMAS AUXILIARES

065-2 Meios de reboque

- 065-3.1 O VENT-SUP EN terá capacidade de rebocar e ser rebocado. Para tal deve possuir dois sarilhos de cabo marítimo (com 50 metros e uma carga de trabalho suficiente para rebocar uma embarcação de dimensão idêntica ao VENT-SUP EN) solidamente fixos à plataforma central, um a ré e um a vante.

066 APRESTAMENTO

066-1 Atrelado

O VENT-SUP EN deve ser fornecido com um respectivo atrelado de estrada, com as seguintes características:

- 066-2.1 Suspensão por eixos, com borrachas por torção, esforço individual a cada roda, capacidade de cada eixo > 1700Kg com total > 5200Kg;
- 066-2.2 Vida útil > 300.000KM;
- 066-2.3 Seis rodas mais uma sobressalente, medida dos pneus 185R14" com total carga > 5000Kg;
- 066-2.4 Guarda-lamas;
- 066-2.5 Lança em "V", com acoplamento de esfera universal, de capacidade de carga sobredimensionada relativamente à massa do atrelado com as embarcações;
- 066-2.6 Berço em suportes metálicos tipo almofada, ajustáveis ao casco da embarcação ou suportes de quatro rolos, ajustáveis ao casco da embarcação;
- 066-2.7 Apoios de quilha 9, formados por rolos de borracha largos;
- 066-2.8 Apoio de proa ajustável em altura e em comprimento com batente em borracha em forma de "V";
- 066-2.9 Guincho manual com cinta para permitir alar a embarcação para o atrelado;
- 066-2.10 Sistema de travagem manual e de inércia com engate para lança em "V", com acoplamento de esfera universal;
- 066-2.11 Cabeça de engate auto ajustável;
- 066-2.12 Alavanca de travão de mão equipada com amortecedor a gás/mola;

- 066-2.13 Sistema de segurança por cabo fusível;
- 066-2.14 Instalação eléctrica extensível e amovível de acordo com o código da estrada vigente;
- 066-2.15 Acessórios: ficha de sete pinos para ligação ao veículo tractor, cabo eléctrico para união da ficha ao painel de luzes, composto por: farolins com funções de presença, travões, piscas e nevoeiro, farolins nas laterais, dois reflectores vermelhos na traseira e quatro reflectores amarelos laterais;
- 066-2.16 Derivado das correntes galvânicas geradas pela junção directa de dois materiais de valências eléctricas diferentes, nomeadamente em ambientes salinos, todas as junções e órgãos de aperto dos atrelados manufacturados em alumínio, devem estar devidamente isolados entre si de modo a garantir a durabilidade do equipamento;
- 066-2.17 Permitir levar a embarcação até dentro de água, deixando-a a flutuar;
- 066-2.18 Cumprir, à data da entrega à Marinha, todos os requisitos legais aplicáveis, incluindo matrícula, sinalização, e documentos;
- 066-2.19 Estar dimensionado para suportar o peso da embarcação completamente aprestada, com tanques atestados;
- 066-2.20 Ser fornecido com macaco, chaves de rodas e duas cintas de aperto para fixação da embarcação ao reboque.
- 066-2.21 Possuir caixas metálicas, com fecho, para guardar o material (estropos, chave de rodas, macaco e cintas de aperto).

080 REQUISITOS DE APOIO LOGÍSTICO

- 080-1 Para todo o fornecimento, deve ser assegurado pelos fabricantes a garantia de actualização de informação técnica e logística, de continuidade de assistência técnica e de fornecimento de sobresselentes por um período de tempo desejavelmente superior a 15 anos e nunca inferior a 10.
- 080-2 Para os principais sistemas e outros órgãos com fortes implicações de integração da plataforma, deve ser fornecida a garantia de actualização de informação técnica e logística, assegurada pelos fabricantes, de continuidade de assistência técnica e de fornecimento de sobressalentes, preferencialmente durante a vida útil esperada das embarcações - 20 anos.
- 080-3 Em qualquer circunstância, deve ser fornecida a garantia, assegurada

pelos fabricantes, que, em caso de cessação de actividade destes, deve ser efectuado o devido pré-aviso para permitir o reforço do apetrechamento, conforme julgado necessário.

- 080-4 A actualização da informação técnica e logística compreende a actualização sobre o desenvolvimento tecnológico dos sistemas e o refrescamento dos dados digitais relativos às alterações ocorridas ao longo do respectivo ciclo de vida. A transferência da informação digital far-se-á pelos métodos acordados na fase de aquisição ou outros que a evolução tecnológica venha a aconselhar.
- 080-5 A listagem dos equipamentos a fornecer no âmbito do fornecimento das embarcações, bem como as listagens de sobressalentes e ferramentas, devem conter o nome, a referência de fabricante e o fabricante efectivo de cada artigo e, quando aplicável, o Número Nacional de Abastecimento (NNA).

081 MANUTENÇÃO

- 083-1 Deve ser considerado o fornecimento de um lote de ferramentas especiais e de equipamentos de medida, teste e diagnóstico para as oficinas do comando administrativo (lote de base), necessário para a parte correspondente aos trabalhos do 1º, 2º e 3º escalão.
- 083-2 Deverá ser garantido que os equipamentos de medida, teste e diagnóstico tenham certificados de calibração válidos, no mínimo, até aos 9 (nove) meses posteriores à data de entrega.
- 083-3 A composição dos lotes de ferramentas e equipamentos de medida, teste e diagnóstico a fornecer, deve ser submetida à aprovação da Marinha.
- 083-4 O lote de ferramentas e equipamentos de medida, teste e diagnóstico, deve ser entregue com cada embarcação e devidamente acondicionado.

083 ABASTECIMENTO

- 083-1 Será objecto de fornecimento do VENT-SUP EN que será fornecido no respectivo atrelado com todos os equipamentos e aprestamento montados, onde aplicável, bem como com todos os sobressalentes, manuais e serviços referidos nesta Especificação Técnica.
- 083-2 Após a entrega do VENT-SUP EN, completamente equipado, deve ser submetida, logo que possível, a uma inspecção visual conjunta, com a finalidade de conferir o material entregue e detectar eventuais defeitos

de fabricação e/ou danos.

- 083-3 Deve ser entregue com o VENT-SUP EN, as caixas dos equipamentos montados contendo toda a documentação, *software* e garantias fornecidos.
- 083-4 Pretende-se aprovisionar sobressalentes, componentes reparáveis, rotáveis, consumíveis e demais material conexo, por forma a assegurar elevadas taxas de cobertura e a garantir a ausência de eventuais demoras de obtenção junto de fornecedores e fabricantes. A selecção e os quantitativos dos itens a considerar devem traduzir, preferencialmente, os resultados de estudos de fiabilidade e de manutibilidade.
- 083-5 Deve ser considerado o fornecimento de um lote de bordo, que será seleccionado pela Marinha das listas de material recomendado pelos fabricantes, para apoio à manutenção dos equipamentos por um período de 90 (noventa) dias. Nestas listas, e para cada artigo proposto, devem ser indicados os seguintes requisitos:
- a. Quantidade recomendada;
 - b. Designação do artigo;
 - c. Referência do fabricante;
 - d. Nome e código do fabricante;
 - e. Número de abastecimento NATO, caso disponível;
 - f. Nível de manutenção a que a respectiva substituição poderá ser afectada;
 - g. Condições especiais de armazenamento e necessidade ou não de manutenção em armazém;
 - h. Indicação se o componente é de substituição sistemática e qual a sua duração estimada;
 - i. Custo unitário.
- 083-6 Deve ser considerado o fornecimento de um lote de terra, que será seleccionado pela Marinha das listas de material recomendado pelos fabricantes, constituído pelo conjunto de sobressalentes e consumíveis necessários à operação de cada embarcação durante 2 (dois) anos.
- 083-7 Deve ser assegurado o fornecimento ou o estabelecimento de canais de fornecimento de sobressalentes, em função dos estudos de fiabilidade e manutibilidade, o que inclui a garantia da disponibilidade de sobressalentes, por parte dos fabricantes dos equipamentos, durante o período referido em 850-1.1 ou, em alternativa, o fornecimento de

elementos indispensáveis à respectiva obtenção ou fabrico.

084 TRANSPORTE, MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO

- 084-1 Os sobresselentes, ferramentas e equipamento de teste devem ser fornecidos devidamente embalados.
- 084-2 Todas as embalagens de sobresselentes, ferramentas e equipamento de teste devem ser rotuladas com os seguintes dados de identificação:
- a. Nome;
 - b. Referência do fabricante;
 - c. Código do fabricante "Commercial and Government Entity Code" (CAGE);
 - d. Código NATO (NSN) do artigo, a fornecer pelo fabricante (se existir);
 - e. Número Nacional de Abastecimento (se existir);
 - f. Quantidade por embalagem;
 - g. Data de embalagem;
 - h. Condições de armazenagem;
- 084-3 Os materiais poluentes ou perigosos devem ser objecto de listas próprias referindo, para cada item ou tipo de item, os processos de reciclagem, tratamento ou abate.
- 084-4 Os lotes de sobressalentes de bordo e de terra, devem ser acompanhados, sempre que adequado, da seguinte informação:
- a. Relação do material sensível ao choque e vibrações;
 - b. Relação do material que exige procedimentos especiais de manuseamento, transporte e/ou armazenamento;
 - c. Relação do material com prazos de armazenamento;

085 DESENHOS

Entende-se como desenhos os elementos não integrados em manuais, os quais terão o tratamento previsto em 086.

- 085-1 Todos os desenhos devem ser fornecidos em formato digital e suporte de papel, nos termos adiante especificados.
- 085-2 Os desenhos em formato digital devem respeitar os requisitos da Instrução Técnica 0000/IT-000/050284 "Requisitos e características dos ficheiros de desenho com origem AUTOCAD".
- 085-3 Sem prejuízo dos planos e desenhos que venham a ser solicitados pela Marinha ou considerados necessários por uma sociedade classificadora nos termos do exposto em 000-5, devem ser elaborados os seguintes desenhos:
- a. Experiências de estabilidade a pequenos ângulos.
 - b. Querenas direitas.
 - c. Previsão de estabilidade intacta.
 - d. Previsão do comportamento dinâmico no mar.
 - e. Arranjo geral.
 - f. Plano geométrico.
 - g. Minuta de traçado.
 - h. Previsão de velocidade.
 - i. Cálculo de pesos.
 - j. Aprestamento do mastro.
 - k. Plano de antenas.
 - l. Esquema de respiração das caixas de baterias.
 - m. Balanço eléctrico.
 - n. Esquema geral da instalação eléctrica.
 - o. NOTA: Devem ser fornecidos 3 (três) exemplares mais 1 (um) exemplar e 1 (um) reproduzível, na forma de ficheiro, respeitando os requisitos como definido no ponto 085-2.
 - p. Em cada um dos exemplares dos desenhos a fornecer, deve ser reservada uma área na legenda, para incluir o número de registo e identificação a atribuir pela Marinha.

086 MANUAIS E OUTRA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

086-1 Geral

- 086-1.1 A documentação do VENT-SUP EN deve ser fornecida em suporte de papel, com os correspondentes ficheiros informáticos.
- 086-1.2 Os ficheiros informáticos atrás referidos devem ser fornecidos em formatos comerciais: "*.pdf".
- 086-1.3 Os fornecimentos em formato de ficheiro informático devem prever formas claras de validação técnica e aprovação, que assegurem a consistência da informação.
- 086-1.4 Os manuais eletrónicos devem responder, preferencialmente, aos requisitos de Classe 3 da Documentação Eletrónica Interativa, a fornecer pela DN.
- 086-1.5 Qualquer exceção ao requisito anterior deve ser submetida à apreciação da DN, caso a caso.
- 086-1.6 Na generalidade, os manuais devem ser estruturados nos seguintes capítulos principais:
- a. Descrição;
 - b. Condução / Operação;
 - c. Manutenção 1º e 2º escalões;
 - d. Manutenção 3º escalão;
 - e. Listas de Figuras/Desenhos;
 - f. Sobressalentes.
- NOTA: Os manuais devem conter a seguinte informação relativa aos equipamentos adquiridos para a embarcação : número de série; modelo; tensão e potência.
- 086-1.7 Os manuais devem ser elaborados em materiais de qualidade, com resistência ao expectável manuseio frequente e prolongado no tempo e

com possibilidade de fácil inserção de alterações.

- 086-1.8 Todos os manuais e restante documentação similar elaborados pelo estaleiro devem ser redigidos na língua portuguesa. As exceções serão acordadas, caso a caso.
- 086-1.9 As partes dos manuais relativas à descrição e condução dos equipamentos e sistemas, devem ser redigidos na língua portuguesa, podendo as restantes partes ser redigidas na língua inglesa. As exceções serão acordadas caso a caso.
- 086-1.10 Os manuais e restante documentação similar, relativos a um mesmo sistema, cujo volume seja pouco significativo, deverão ser agrupados em volumes de tamanho maneável, devendo os respetivos elementos autónomos ser codificados como documentos isolados.
- 086-1.11 Da documentação que for obtida, coligida ou elaborada, deverão ser fornecidos, em cópia de papel, os seguintes quantitativos:
- 086-1.11.1 7 (sete) exemplares, mais um dos Manuais de Sistema, contendo a descrição técnica e funcional detalhada dos principais sistemas do VENT-SUP EN, incluindo as relações funcionais entre os respetivos equipamentos e demais componentes de cada sistema e entre os diferentes sistemas. Os Manuais de Sistema deverão proporcionar, obrigatoriamente, informação técnica integrada sobre a descrição, operação e manutenção do 1º e 2º escalões dos sistemas de bordo, acompanhada das adequadas gravuras, esboços, esquemas e desenhos necessários à compreensão e permitir aos responsáveis compreender as suas funções, operá-los e supervisionar os procedimentos de manutenção a bordo.
- 086-1.11.2 7 (sete) conjuntos de desenhos e esquemas elétricos e mecânicos.
- 086-1.11.3 7 (sete) exemplares de cada Manual de Manutenção do 3º Escalão dos diversos equipamentos, que especifiquem, conforme aplicável:
- a. Os procedimentos a adotar em ações normais de reparação e de manutenção preventiva, com discriminação dos sobressalentes, consumíveis, ferramentas e equipamentos de medida e teste necessários.

- b. Os processos sequenciais de diagnóstico do estado e de detecção de avarias.
- c. Os valores de tolerância limite para os componentes sujeitos a desgaste.
- d. Os valores de referência em pontos de medição.
- e. Os valores de binários de aperto e de folgas de montagem.
- f. Os valores de regulação dos dispositivos de controlo, regulação e segurança.
- g. Os valores dos ensaios de sobrecarga e afins.
- h. O nível tecnológico mínimo (qualificação técnica, meios de diagnóstico e oficinais, etc.), necessário para a reparação dos principais órgãos componentes do equipamento.

086-1.11.4 7 (sete) exemplares de cada Catálogo de Sobressalentes e de Ferramentas Especiais, que:

- a. Identifiquem o nome e endereço do fabricante do equipamento.
- b. Caracterizem o equipamento por nome, identificação do fabricante (ex.: marca, modelo, tipo), número de série e ano de construção.
- c. Contenham desenhos de conjunto e listas de todos os componentes necessários à manutenção do equipamento durante todo o ciclo de vida.

Nota: Nestas listas, todos os componentes devem ser identificados por nome de origem, referência atribuída pelo fabricante do equipamento, posição nos desenhos de conjunto, quantidade instalada no equipamento e o CAGE. Quando a identificação adotada nos desenhos não coincidir com as das listas, deve ser fornecida uma tabela que relacione todos os dados ou referências.

- d. Indicação dos componentes normalizados ou não, fabricados pelo fabricante do equipamento, as referências normalizadas, a identificação, a referência do verdadeiro fabricante do componente e o respectivo CAGE.
 - e. Indicação os dados de identificação dos consumíveis necessários à operação e manutenção dos equipamentos.
- 086-1.11.5 2 (dois) exemplares, das Instruções de Instalação e Montagem, que contenham esquemas de ligação aos circuitos auxiliares e/ou a outros equipamentos e descrevam os procedimentos de montagem do equipamento e do primeiro arranque, incluindo a indicação dos percursos de movimentação do equipamento, os pontos de suspensão/manobra e os equipamentos auxiliares de elevação e manobra necessários.
- 086-1.11.6 2 (dois) exemplares, dos relatórios de instalação e dos relatórios de prova em fábrica, em oficina, a cais e no mar e das assinaturas vibratórias.
- 086-1.11.7 7 (sete) exemplares, mais um, da Carta de Lubrificação, elaborado no formato a indicar pela Marinha.
- 086-1.11.8 2 (dois) exemplares, com todos os elementos relativos à estabilidade do VENT-SUP EN.
- 086-1.14 Toda a simbologia usada deverá ser normalizada, preferencialmente sob normas ISO.
- 086-1.15 Os diversos documentos deverão ser submetidos a apreciação e aprovação da Marinha, tendo em consideração os seguintes momentos e respetivas ações:
- a. Até 30 (trinta) dias antes das provas a equipamentos e sistemas - Fornecimento de toda a documentação originada nos fabricantes dos equipamentos, relacionada com o sistema a testar.
 - b. Até 30 (trinta) dias antes da entrega provisória da embarcação - Fornecimento de toda a documentação disponível, não associada a provas de equipamentos e sistemas.
 - c. Até à entrega provisória da embarcação - Fornecimento da documentação ainda não fornecida.

- d. Até 15 (quinze) dias antes da entrega definitiva da embarcação - Fornecimento de todas as alterações à documentação.
- e. A informação digital deverá ser entregue em duas fases: uma na fase das provas de entrega provisória do VENT-SUP EN e a definitiva com a documentação final.

088 PESSOAL E TREINO

088-1 Geral

088-1.1 Deverá ser elaborado um Plano, a ser submetido a apreciação até 6 (seis) meses antes da receção provisória da embarcação, que contemple as seguintes ações de Formação e Treino (PFT):

- a. Formação e treino dos operadores do VENT-SUP EN.
- b. Formação e treino de técnicos a designar pela Marinha envolvidos na manutenção do 2º e do 3º escalão.

088-1.2 Na elaboração do PFT deverá ser considerado o seguinte:

- a. Todas as acções de formação de equipamentos/sistemas, de operadores do VENT-SUP EN, decorrerão até 15 (quinze) dias antes da data de entrega provisória do VENT-SUP EN.
- b. A formação e treino de executantes de manutenção do 2º e 3º escalões dirigir-se-á ao conhecimento dos equipamentos e sistemas do VENT-SUP EN, por parte do pessoal civil e militar, que posteriormente irão intervir nas ações de manutenção.
- c. A formação do pessoal de direcções técnicas dirigir-se-á ao conhecimento do VENT-SUP EN e dos seus equipamentos/sistemas, por parte de oficiais e sargentos, que posteriormente irão efetuar a gestão técnica e logística do material, providenciar o apoio técnico à utilização e promover a supervisão das intervenções de manutenção. Em princípio, apenas deverão ser consideradas ações para este tipo de instruendos uma vez, parcial ou totalmente em simultâneo com as ações de formação do 2º e 3º escalões.
- d. A eventualidade das ações de formação terem que ser realizadas em locais distintos, inclusivamente no estrangeiro.

088-1.3 Deverão ser fornecidas as ações de formação e treino, aprovadas na sequência da apreciação do PFT.

089 EQUIPAMENTO DE TREINO

089-1 Geral

- 089-1.1 Como princípio geral, todo o apoio documental, audiovisual, multimédia, informático e outros, das ações de formação, deverá ser transferido para a Marinha, a título definitivo, acrescido de 2 (dois) exemplares da documentação fornecida aos formandos.

090 CONTROLO DE QUALIDADE

090-1 Geral

- 090-1.1 Deverão ser enviadas à Marinha cópias dos seguintes documentos:
- a. Certificados de Materiais e Equipamentos usados na construção ou a instalar no VENT-SUP EN (alumínio, aço, tintas, forros, etc.).
 - b. Certificações e Acreditações de fornecedores e prestadores de serviços, outorgados por entidades competentes.
 - c. Certificados de provas dos olhais de carga.
 - d. Certificado de conformidade com o GMDSS.
 - e. Certificações atribuídas pela Sociedade Classificadora.

092 REQUISITOS GERAIS PARA AS PROVAS, TESTES E ENSAIOS

092-1 Geral

- 092-1.1 Devem ser efectuadas provas globais ao VENT-SUP EN e aos respectivos sistemas e equipamentos no sentido de verificar o cumprimento dos requisitos estabelecidos nesta Especificação Técnica.

- 092-1.2 Genericamente, o VENT-SUP EN deve ser submetido aos testes e provas a seguir indicados:
- a. Provas de Fabricantes.
 - b. Provas de Estaleiro.
 - c. Provas no Porto.
 - d. Provas de Mar.
- 092-1.3 As despesas com a totalidade das provas são da responsabilidade do Fornecedor.
- 092-1.4 É também da responsabilidade do Fornecedor, a existência dos instrumentos de medida necessários e adequados à execução das provas.
- 092-1.5 O Fornecedor deverá efetuar os testes e as provas aos equipamentos e sistemas que fornecer, independentemente de já dispor de registos de provas efetuadas pelos fabricantes dos referidos sistemas e equipamentos.

094 ORGANIZAÇÃO DAS PROVAS

094-1 Geral

- 094-1.1 Devem ser efetuadas provas de receção do VENT-SUP EN e a todos os seus equipamentos e sistemas, no sentido de verificar o cumprimento integral dos requisitos enumerados no presente documento, bem como o correto funcionamento de todos os sistemas e equipamentos.
- 094-1.2 O caderno de provas será proposto pelo Fornecedor de acordo com o planeamento em 041-1.

095 PROVAS DOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DO NAVIO

095-1 Geral

- 095-1.1 A definir em função das recomendações dos fabricantes e dos elementos históricos propostos pelo Fornecedor e adicionados pela Marinha, e em tempo a permitir o planeamento referido em 041-1.

ANEXO

Arranjo Geral Esquemático

